



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO,
FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS.**



VANESSA PERPÉTUA GARCIA SANTANA REIS

**UM PERFIL CONCEITUAL DE HERANÇA BIOLÓGICA:
INVESTIGANDO DIMENSÕES EPISTEMOLÓGICAS E
AXIOLÓGICAS DE SIGNIFICAÇÃO DO CONCEITO NO
CONTEXTO DO ENSINO MÉDIO
DE GENÉTICA**

Salvador

2018

VANESSA PERPÉTUA GARCIA SANTANA REIS

**UM PERFIL CONCEITUAL DE HERANÇA BIOLÓGICA: INVESTIGANDO
DIMENSÕES EPISTEMOLÓGICAS E AXIOLÓGICAS DE SIGNIFICAÇÃO DO
CONCEITO NO CONTEXTO DO ENSINO MÉDIO
DE GENÉTICA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências da Universidade Federal da Bahia e da Universidade Estadual de Feira de Santana, para a obtenção do grau de Doutora em Ensino, Filosofia e História das Ciências, na área de concentração de Ensino de Ciências.

Orientadora: Claudia de Alencar Serra e Sepulveda

Co-orientador: Charbel Niño El-Hani

Salvador

2018

GARCIA SANTANA REIS, VANESSA PERPÉTUA

Um perfil conceitual de herança biológica:
investigando dimensões epistemológicas e axiológicas de
significação do conceito no contexto do Ensino Médio
de genética. / VANESSA PERPÉTUA GARCIA SANTANA REIS. --
Salvador, BA, 2018.
251 f. : il

Orientador: Claudia Alencar Serra e Sepulveda.

Coorientador: Charbel Niño El-Hani.

Tese (Doutorado - Programa de Pós Graduação em
Ensino, Filosofia e História das Ciências) --
Universidade Federal da Bahia, Instituto de Física,
2018.

1. Perfil conceitual. 2. Herança Biológica. 3.
Dimensão Axialógica. 4. Ensino de Genética. I. Alencar
Serra e Sepulveda, Claudia. II. Niño El-Hani,
Charbel. III. Título.

VANESSA PERPÉTUA GARCIA SANTANA REIS

**O PERFIL CONCEITUAL DE HERANÇA BIOLÓGICA: INVESTIGANDO
DIMENSÕES EPISTEMOLÓGICAS E AXIOLÓGICAS DE SIGNIFICAÇÃO DO
CONCEITO NO CONTEXTO DO ENSINO MÉDIO
DE GENÉTICA**

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Doutora em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Universidade Federal da Bahia, Universidade Estadual de Feira de Santana, pela seguinte banca examinadora:

Claudia de Alencar Serra e Sepulveda - Orientadora _____
Universidade Estadual de Feira de Santana
Doutora em Ensino, Filosofia e História das Ciências - UFBA

Charbel Niño El-Hani - Co-orientador _____
Universidade Federal da Bahia
Doutor em Educação- USP

Susie Vieira Oliveira _____
Universidade Estadual de Feira de Santana
Doutora em Patologia - Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita

Edenia Maria Ribeiro do Amaral _____
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Doutora em Educação – UFMG

Rosiléia Oliveira de Almeida _____
Universidade Federal da Bahia
Doutora em Educação - UNICAMP

Juanma Sánchez Arteaga _____
Universidade Federal da Bahia
Doutor em Ciências Biológicas - Universidad Autónoma de Madrid (UAM),
Espanha.

...Ninguém começa a ser educador numa certa terça-feira às quatro horas da tarde. Ninguém nasce educador ou marcado para ser educador, a gente se forma, como educador, permanentemente, na prática e na reflexão sobre a prática...

Paulo Freire, 1991

... E assim, na prática e na reflexão da prática me ressignifico cotidianamente...
... E assim vou seguindo, professora reflexiva, pesquisadora de minha própria prática, me emocionando a cada descoberta...

Esta tese é dedicada a:

Ulisses, meu esposo e companheiro... Sempre incentivador dos meus passos acadêmicos... Sempre admirador da minha trajetória docente... Com você os meus sonhos são mais intensos e minha vida é mais leve e divertida...

Mateus e Laura, meus filhos, a partir dos quais passo a enxergar a vida de uma forma mais doce e humana... Por me proporcionarem alegria nos momentos que me faltou paciência nessa trajetória de tantas renúncias, que é o doutoramento... Lembrarei sempre da pergunta que me faziam na fase final da escrita: - mamãe, quando essa tese acaba?

Maria José e Dilson, meus pais, que sempre me apoiaram e me ajudaram de forma incondicional, a qualquer hora, desde a fase de cumprimento das disciplinas à fase da escrita... Minha eterna gratidão...

Verena, minha irmã, com quem compartilho boas risadas, doces e afetivas lembranças da nossa infância e adolescência...

Joselita e Lindauro (*in memoriam*), meus avós, por todo incentivo aos estudos, por toda ajuda incondicional e por terem uma vida plenamente dedicada à nossa família... As palavras não são suficientes para expressar esse sentimento de gratidão....

AGRADECIMENTOS

À Profa. **Claudia Sepulveda**, minha querida orientadora, pela valiosa orientação nessa pesquisa, por ter me apresentado a essa poderosa Teoria de ensino e aprendizagem, o Perfil Conceitual, um marco na minha trajetória docente. Por ter o prazer imenso de por quase dez anos compartilhar com você tantas descobertas e alegrias na modalidade de pesquisa colaborativa. Agradeço imensamente por me formar professora-investigadora da Educação Básica. Você me inspira.

Ao Professor **Charbel El-Hani**, por me proporcionar momentos enriquecedores de esclarecimento sobre o conceito de herança, e por ser este incentivador da pesquisa colaborativa, sempre tão atencioso conosco, professores da Educação Básica. Você me emociona por isso.

À amiga e colega, **Conce Lago**, por todos esses anos de parceria nas venturas e desventuras da Escola Pública e por compartilhar discussões de tantas outras pautas. Em especial agradeço pelo interesse e colaboração nessa pesquisa. Ser sua amiga me torna mais feliz.

À amiga e colega **Ana Lúcia**, por que com tanto entusiasmo abriu a porta da sua sala de aula e de forma generosa contribuiu para essa pesquisa. Senti-me muito feliz em fazer parte do seu cotidiano docente em dois importantes momentos dessa pesquisa.

À Profa. **Susie Vieira**, por demonstrar interesse em pensar a herança biológica sob diferentes perspectivas. Por ter colaborado na coleta de dados, e pelo imenso prazer em compartilhar de muitas conversas extremamente enriquecedoras na nossa UEFS. Sua generosidade me encanta.

Aos queridos estudantes da Educação Básica que colaboraram com minha pesquisa, tão disponíveis e interessados. Formo-me na escola, no aprendizado com vocês. Minha prática docente é retroalimentada a cada ano letivo, principalmente por causa de vocês, e por isso sou muito grata.

Aos meus queridos colegas professores do Instituto de Educação Gastão Guimarães, escola que tenho o maior orgulho de fazer parte por quase duas décadas. Não vou correr o risco de citar nomes para não ser injusta. Saibam que, para mim, um dos prazeres da docência é compartilhar com vocês conversas divertidas e às vezes queixosas nos corredores e na sala dos professores. Vocês também me retroalimentam.

Aos amigos **Mariangela** e **Samadhi**, com quem compartilhei tantos momentos de discussão sobre a Teoria de Perfil Conceitual. Muito bom compartilhar com vocês desse desafio que é pesquisar sobre essa teoria.

Aos membros do GCPEC - UEFS, Grupo Colaborativo de Pesquisa em Ensino de Ciências. Esse grupo é um marco na minha formação humana e profissional. Minha vida toma outro rumo depois de fazer parte e compartilhar de momentos tão alegres, intensos e colaborativos na pesquisa.

Aos membros do CoPPEC - UFBA, grupo colaborativo de pesquisa em ensino de ciências e biologia, por reuniões e encontros tão cheios de emoção, tão ricos em discussões com pautas tão diversas.

Aos membros da banca examinadora, por terem aceitado o convite de participar da mesma.

Aos professores do PPGEFHC, em especial a **Jonei, Amanda, Elder, Andreia, Charbel**, pela valiosa contribuição na minha formação quando cursei as suas disciplinas.

Aos colegas de turma, pela agradável e divertida companhia no momento de cumprimento das disciplinas. Foi muito bacana conhecer vocês.

A **Milena Marinho**, pela presteza e pelo interesse em revisar o abstract desse trabalho.

A **Ricardo Machado**, “o sertanejo”, pelos valiosos e divertidos bate-papos nas idas e vindas Feira-Salvador, quando cumpríamos as disciplinas. As horas no engarrafamento passavam mais rápido com as nossas conversas.

A **Bel**, minha funcionária e grande colaboradora, por ter feito tantos cafés para mim e pela valiosa dedicação aos meus filhos, nos momentos que tanto precisei me afastar durante a pesquisa.

À **Universidade Estadual de Feira de Santana**, pelo apoio institucional concedendo meu afastamento para a realização do curso e pela concessão da bolsa de estudos.

À **Secretaria de Educação do Estado da Bahia**, pelo apoio institucional na concessão do meu afastamento para realização do curso.

Obrigada!

RESUMO

Perfis conceituais são modelos que representam a heterogeneidade de modos de pensar e falar sobre um dado conceito em termos de uma série de zonas que podem ser acessadas em decorrência da variedade de contextos em que cada um destes modos de pensar são aplicáveis e apresentam valor pragmático. Herança é um conceito que se presta bem à construção de um perfil para ser usado no contexto do ensino de genética, pois apresenta papel central na estrutura conceitual nas ciências biológicas e abriga uma grande polissemia. A literatura em ensino de biologia tem, de um lado, reconhecido a legitimidade epistemológica e social do ensino de genética, e de outro apontado a abrangência e recorrência das dificuldades dos estudantes em compreender a complexidade dos fenômenos que aborda, a exemplo da natureza da informação genética e dos mecanismos de transferência da mesma entre as gerações. Neste contexto, esta pesquisa teve como propósito construir um perfil conceitual de herança biológica que possa se constituir em uma ferramenta teórico-metodológica tanto para analisar interações discursivas em salas de aula, como amparar o planejamento de ensino de genética no contexto do Ensino Médio. Partindo do princípio de que só é possível ter uma visão completa da gênese de um conceito se o estudarmos nos diferentes domínios genéticos (WERTSCH, 1985), as zonas de um perfil conceitual são determinadas por meio do diálogo entre estudos teóricos e empíricos, através de uma variedade de fontes de dados, envolvendo pelo menos três domínios genéticos: sociocultural, ontogenético e microgenético. A partir do exame dialógico de informações oriundas de estudos da história e filosofia da biologia sobre o desenvolvimento do conceito de herança (domínio sociocultural), da literatura em concepções alternativas (domínio ontogenético), e de dados empíricos obtidos por meio de entrevistas, grupo focal e registros de interações discursivas com estudantes de Ensino Médio e questionários com alunos do Ensino Superior (domínio microgenético), foram identificados oito temas epistemológicos: a) ontologia; b) axiologia; c) contribuição parental para a herança; d) fator causal; e) unidade de herança f) mediador da transmissão da herança; g) natureza da herança e h) mecanismo de herança. Para cada um desses temas foram elencados categorias e compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos que podem fundamentar a interpretação da herança biológica e estão organizados numa ferramenta metodológica, a “matriz semântica”. A partir da combinação desses compromissos, quatro zonas são propostas e se constituem em distintos modos de pensar e formas de falar sobre herança, são elas: 1. Naturalização pelo nascimento; 2. Fatalismo pelo sangue; 3. Preformacionismo genético e 4. Epigênese.

Palavras-chave: Perfil conceitual; Herança Biológica; Dimensão Axiológica; Ensino de Genética.

ABSTRACT

Conceptual profiles are models that represent the heterogeneity of ways of thinking and talking about a given concept in terms of a series of zones that can be accessed due to the variety of contexts in which each of these modes of thinking are applicable and have pragmatic value. Inheritance is a concept that leads well to build a profile to be used in the context of genetics teaching. It plays a central role in the conceptual structure of biological sciences and has a great polysemy. On one hand, the literature on biology teaching has recognized the epistemological and social legitimacy of genetic education, and on the other, the scope and recurrence of students' difficulties in understanding the complexity of the phenomena they address, such as the nature of information genetics and the transfer mechanisms of the same among the generations. In this context, the purpose of this research was to construct a conceptual profile of biological inheritance that could constitute, for example, a theoretical-methodological tool both to analyze discursive interactions in classrooms and to support the teaching of genetics in the context of High school. Assuming that it is only possible to have a complete view of the genesis of a concept if we study it in the different genetic domains (WERTSCH, 1985), the zones of a conceptual profile are determined through the dialogue between theoretical and empirical studies, through a variety of data sources involving at least three genetic domains: sociocultural, ontogenetic and microgenetic. Based on the dialogical examination of information derived from studies of the history and philosophy of biology on the development of the concept of inheritance (sociocultural domain), literature on alternative conceptions (ontogenetic domain), and empirical data obtained through interviews, records of discursive interactions with high school students and questionnaires with college students (microgenetic domain), eight epistemological themes were identified: a) ontology; b) axiology; c) parental contribution to inheritance; d) causal factor; e) unit of inheritance f) mediator of inheritance transmission; g) nature of inheritance and h) mechanism of inheritance. For each of these themes, epistemological, ontological and axiological categories and commitments are listed, which can support the interpretation of biological inheritance and are organized into a methodological tool, the "semantic matrix". From the combination of these commitments, four zones are proposed and constitute distinct ways of thinking and ways of speaking heritage, such as: 1. Naturalization by birth; 2. Fatalism by blood; 3. Genetic preformationism and 4. Epigenesis.

Key words - Conceptual profile; Inheritance; Axiological Dimension; Teaching of Genetics.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
CAPÍTULO I - Perfil conceitual: uma teoria de ensino e aprendizagem	24
1.1. Referenciais teórico-epistemológicos da teoria dos perfis conceituais.....	25
1.2. Referenciais metodológicos de construção de modelos de perfis conceituais ..	43
CAPÍTULO II – O percurso metodológico de construção de um modelo de perfil conceitual de herança biológica	49
2.1. Considerações gerais sobre a metodologia de construção de perfis conceituais	50
2.2. As fontes de dados examinadas, a natureza dos dados empíricos coletados e o desenho metodológico da construção de um perfil de herança biológica.	54
CAPÍTULO III – O conceito de herança biológica e a busca da sua polissemia para constituição das zonas do perfil nos diferentes domínios genéticos.....	65
3.1. A gênese sócio-histórica do conceito de herança biológica.....	66
3.2. A gênese do conceito de herança biológica na literatura em ensino e aprendizagem de genética	96
3.3. Uma análise do conceito de herança biológica presente nos dados empíricos coletados.....	118
CAPÍTULO IV – A dimensão axiológica e os modelos de perfis conceituais	136
4.1. Considerações gerais sobre a dimensão axiológica na construção de modelos de perfis	136
4.2. Herança biológica: um conceito fortemente relacionado à dimensão axiológica.....	140
CAPÍTULO V – A organização da polissemia do conceito de herança biológica: a construção de uma matriz semântica.....	156
5.1. Temas semânticos em torno dos quais a polissemia do conceito pode ser organizada	158
5.2. A matriz semântica para o conceito de herança biológica	162
CAPÍTULO VI – Individualização e caracterização das zonas de um perfil conceitual de herança biológica	166
6.1. Naturalização pelo nascimento.....	169
6.2. Fatalismo pelo sangue	175
6.3. Preformacionismo genético	181
6.4. Epigênese	186
CONSIDERAÇÕES FINAIS	194
REFERÊNCIAS.....	201

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Diagrama esquemático da metodologia de construção do perfil conceitual de herança biológica adaptado da pesquisa de Sepulveda; Mortimer; El-Hani (2013).....	63
Figura 2.	Conflito de tradições de pesquisa: Pré-formação e epigênese. Fonte: Botelho, 2007.....	76
Figura 3.	Da compreensão determinística à probabilística sobre genética e genômica. Fonte: Carver <i>et al</i> (2017).....	92
Figura 4.	A diversidade de modelos explicativos para herança biológica. Fonte: Santos, 2005.....	103
Figura 5.	Ilustração apresentada aos estudantes para análise do fenômeno da pré-formação.....	180

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.	Compromissos axiológicos presentes na matriz semântica para o conceito de herança biológica.....	143
Quadro 2.	Matriz semântica a partir da qual o conceito de herança biológica pode ser significado	162
Quadro 3.	Temas, categorias e compromissos que caracterizam a Zona 1 - Naturalização pelo nascimento.....	170
Quadro 4.	Temas, categorias e compromissos que caracterizam a Zona 2 - Fatalismo pelo sangue.....	176
Quadro 5.	Temas, categorias e compromissos que caracterizam a Zona 3 - Preformacionismo genético.....	182
Quadro 6.	Temas, categorias e compromissos que caracterizam a Zona 4 , Epigênese.....	187
Quadro 7.	Caracterização geral das zonas de um perfil conceitual de herança biológica.....	191
Quadro 8.	Caracterização epistemológica das zonas de um modelo de perfil conceitual de herança biológica: compromissos distintivos e compromissos compartilhados entre as zonas.....	192

INTRODUÇÃO

A capacidade de se replicar constitui a característica fundamental de um ser vivo e a genética é o campo de investigação que procura entender esse fenômeno de replicação (MOORE, 1993), bem como compreender todos os elementos e aspectos que envolvem o fenômeno da herança biológica. O ensino de genética pode ser considerado, portanto, central para o desenvolvimento do pensamento biológico, uma vez que uma série de tópicos da biologia fundamentam suas bases nos elementos da herança e de entendimento do fluxo gênico, como é o caso da evolução e da diversidade dos seres vivos (BANET; AYUSO, 2003; JIMENEZ ALEIXANDRE, 1992).

A rápida expansão das aplicações biotecnológicas dos conhecimentos na área da genética, e as evidências de que o ensino deste campo enfrenta inúmeras dificuldades, têm gerado o aumento de investigações a respeito da compreensão e aprendizagem de conceitos centrais da genética, a exemplo do conceito de herança. Estas pesquisas têm apontado que este conceito tem sido mal compreendido por estudantes de todas as idades (RICHARDS; PONDER, 1996; TURNEY, 1995; WOOD-ROBINSON, 1994). Entre as dificuldades identificadas por estes estudos, destacamos: a falta de compreensão dos elementos envolvidos na herança, da natureza da informação genética, e do mecanismo de transferência de informação de uma célula a outra e entre gerações (LEWIS; LEACH; WOOD-ROBINSON, 2000; LEWIS; WOOD-ROBINSON, 2000)

Outro aspecto muito preocupante diz respeito à predominância de visões deterministas genéticas encontradas em investigações envolvendo estudantes, professores, livros didáticos e o público em geral (CASTÉRA; CLÉMENT, 2014; LEWIS, 2004; NELKIN; LINDEE, 2004;), que implicam na crença de que a contribuição dos genes aos fenótipos é exclusivamente ou muito mais importante do que a contribuição de outros fatores, dentre eles epigenéticos e ambientais.

A abrangência e prevalência das crenças deterministas indicam, que, apesar do progresso da genética como campo de pesquisa, os avanços na compreensão científica do caráter multifatorial da herança parecem não ter

chegado ao público (CASTÉRA; CLÉMENT, 2014; DAR-NIMROD; HEINE, 2011; NELKIN; LINDEE, 2004).

As investigações sobre como a genética é ensinada na escola demonstram uma predominância do modo de pensar determinista nos estudantes, presente também nos conteúdos dos livros didáticos (AIVELO; UITTO, 2015; DOUGHERTY, 2009; REYDON; KAMPOURAKIS; PATRINOS, 2012;). Santos e El-Hani (2009), analisando alguns livros didáticos de biologia do Ensino Médio publicados no Brasil apontam para a predominância de explicações de genes no DNA: 1) como informação para um fenótipo; 2) com a função de determinar características nos organismos e; 3) com a função de produzir um polipeptídeo ou RNA.

Lewis e Kattmann (2004) mostram que uma parcela muito baixa dos alunos já ouviu falar de novos conceitos e abordagens da genética, como os relacionados à epigenética. Este resultado pode estar relacionado ao predomínio do ensino da genética mendeliana nos anos finais da escolarização básica. Gericke e Wahlberg (2013) confirmaram que há uma tendência dos alunos em recorrer a explicações mais determinísticas quando esses aprendem sobre genética molecular.

Tendo em conta estas dificuldades dos estudantes em compreender as bases e os conceitos que envolvem o fenômeno da herança, a grande importância da genética na estrutura conceitual das ciências biológicas, e a relevância social e econômica deste campo, com todas as implicações tecnológicas, sociais e éticas envolvidas em sua produção, justifica-se a legitimidade do desenvolvimento de modelos teóricos que possam apoiar investigações acerca da compreensão do conceito de herança biológica em sala de aula. Nesta pesquisa estamos propondo que a construção de perfil conceitual pode desempenhar este papel.

A teoria dos perfis conceituais é uma teoria de ensino e aprendizagem de conceitos científicos, inicialmente proposta por Mortimer (1994, 1995) e desenvolvida numa série de trabalhos posteriores (e.g., MORTIMER, 2000; MORTIMER; EL-HANI, 2014). Esta teoria é baseada na ideia de que em cada indivíduo podem coexistir diferentes modos de pensar um determinado conceito. O pressuposto básico é que os diferentes modos de pensar que caracterizam a heterogeneidade do pensamento verbal se entrelaçam com as

diferentes formas de falar. Modos de pensar são tratados na teoria dos perfis como modos estáveis de conceituar um determinado tipo de experiência, atribuindo um significado construído socialmente a um determinado conceito (MORTIMER; EL-HANI, 2014).

Perfis conceituais são modelos que representam a heterogeneidade de modos de pensar e falar sobre um dado conceito, reconhecendo assim a coexistência no indivíduo, de dois ou mais significados para a mesma palavra ou conceito. São construídos para um determinado conceito e constituídos por zonas que podem ser acessadas em decorrência da variedade de contextos em que cada um desses modos de pensar são aplicáveis e apresentam valor pragmático (MORTIMER *et al.*, 2014).

Na teoria dos perfis conceituais, a aprendizagem é concebida em termos de dois processos interligados: a) a aquisição de novas zonas de um perfil conceitual, ou seja, a obtenção de novos modos de pensar um conceito, e b) o diálogo entre as zonas novas e antigas, com um foco na necessidade de que os alunos se tornem conscientes da própria diversidade de modos de pensar e da demarcação entre o seu valor pragmático em contextos distintos (EL-HANI; MORTIMER, 2007).

A ideia de perfil conceitual surgiu na década de 1990 como uma alternativa ao compromisso com a teoria de mudança conceitual, tal como proposta por Posner e colaboradores (1982), e os modelos de ensino que dela derivam, nos quais se baseiam o pressuposto de que os alunos devem ser levados a abandonar o conhecimento cotidiano e princípios relacionados às suas visões de mundo, que poderiam se constituir em obstáculos para a aprendizagem de ciências. Segundo essa compreensão da teoria da mudança conceitual, a aprendizagem é descrita como um processo por meio do qual as pessoas mudam de um conjunto de conceitos para outro que é incompatível com o primeiro. A partir destas perspectivas, as primeiras versões da teoria de mudança conceitual disseminaram uma concepção cientificista de aprendizagem e ensino de ciências, em que o conhecimento científico é tido como superior ou mesmo a única forma de conhecimento que deve ser reconhecida e privilegiada no ensino escolar.

A grande manifestação do movimento de concepções alternativas fez da teoria de mudança conceitual “uma teoria quase paradigmática no campo da

educação científica” (MORTIMER; EI-HANI, 2014, p. 10). Entretanto, a forte resistência dos estudantes em mudar suas ideias, constatada nas pesquisas em concepções alternativas dominantes nas décadas de 1980 e 1990 deu lugar a várias críticas e alternativas ao modelo de mudança conceitual, e a proposta de um perfil conceitual surgiu naquela época alinhada às críticas a este modelo.

Essa noção primeira do perfil conceitual nasce no decorrer de uma investigação sobre a evolução das concepções atomistas e do uso dessas concepções para explicar estados físicos da matéria por estudantes da oitava série do Ensino Fundamental (MORTIMER, 2000), ao longo de uma sequência de aulas em que as hipóteses propostas no estudo e os pressupostos utilizados na metodologia de ensino foram pautados inicialmente em elementos da teoria de Piaget, especificamente, no modelo de equilíbrio majorante (PIAGET, 1975). Com o desenvolver da pesquisa, as mudanças conceituais esperadas como resultados da intervenção pedagógica não foram detectadas. Foi evidenciada a convivência entre as ideias prévias dos alunos e os conceitos científicos construídos em sala de aula. Nesta pesquisa, os estudantes desenvolveram e expressaram uma concepção atomista da matéria em alguns contextos, fato que não implicava o abandono de concepções prévias, como a concepção substancialista, que por vezes poderiam voltar a emergir na resolução de alguns problemas, como aqueles referentes a situações cotidianas. Estas constatações levaram Mortimer (1994; 1995; 2000) a idealizar a evolução conceitual dos estudantes como a construção de um perfil conceitual que se tornava mais complexo ao longo do processo de aprendizagem, sem implicar no abandono das noções inicialmente trazidas por eles.

Afirmando que não se constituía em novidade o fato de que as pessoas possam exibir diferentes formas de ver e representar a realidade à sua volta, Mortimer (1994; 1995; 2000) propôs a noção de perfil conceitual, inicialmente, inspirada pelo perfil epistemológico de Bachelard, segundo o qual cada conceito científico pode ser descrito por mais de uma doutrina filosófica, cada uma delas representando uma forma de pensar, um conjunto de compromissos epistemológicos que tem como foco uma face do conceito. Recontextualizando essa noção para a aprendizagem conceitual, Mortimer propõe que a

aprendizagem em salas de aula de ciências pode ser descrita como uma mudança de perfis conceituais dos estudantes, e cujo novo perfil inclui também, mas não exclusivamente, as novas ideias científicas. Ao fazê-lo, Mortimer apresenta um modelo teórico alternativo à mudança conceitual.

Para que a noção do perfil epistemológico pudesse ser aplicada à análise de processos de ensino e aprendizagem de ciências, algumas características que não estão presentes na visão filosófica de Bachelard foram introduzidas (MORTIMER 1994; 2000): a) a distinção entre características ontológicas e epistemológicas de cada zona do perfil – cada zona do perfil, apesar de lidar com o mesmo conceito, poderá ser não só epistemológica, mas ontologicamente diferente das outras; b) o fato das zonas serem determinadas pelos compromissos epistemológicos e ontológicos dos indivíduos, ao invés de escolas filosóficas de pensamento e c) a tomada de consciência, pelo estudante, do seu próprio perfil.

Mortimer e El-Hani também estabeleceram o caráter supra-individual das zonas de perfis, cujas formas de pensamento que representam podem ser atribuídas a qualquer indivíduo dentro de uma mesma cultura, de modo que, apesar de cada indivíduo possuir um perfil diferente, as zonas pelas quais ele é traçado são as mesmas para cada conceito. O que varia nos perfis individuais é a altura das zonas, as quais é dada pelo peso que estas zonas apresentam no pensamento individual, em decorrência das oportunidades que os indivíduos tiveram de aplicá-las em diferentes contextos de modo eficaz, ao longo de suas experiências sociais (MORTIMER; EL-HANI, 2014).

É importante ressaltar que por trás da formulação do perfil conceitual está alicerçada a ideia geral da heterogeneidade do pensamento verbal de Tulviste (1991), que propõe que “em cada cultura e em qualquer indivíduo existe não uma forma homogênea de pensar, mas diferentes tipos de pensamento verbal”.

Cada modo de pensar no perfil conceitual é modelado como uma zona, estabilizada por um conjunto de compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos. A construção destas zonas em um modelo de perfil é mais do que a categorização escrita ou falada do discurso, embora normalmente envolva este procedimento. A necessidade de ir além dessa categorização torna-se clara quando consideramos que as zonas de um perfil são individualizadas por

estes compromissos que estruturam diferentes modos de pensar e falar sobre um conceito. Desta forma, o pensamento conceitual, em seu dinamismo, permite então que o sujeito se engaje com conceitos que são concebidos como constructos sociais, na forma como eles vêm sendo condicionado, por um conjunto de compromissos socialmente construídos (MORTIMER *et al.*, 2014; MORTIMER; EL-HANI, 2013).

É importante destacar que a investigação e incorporação de compromissos axiológicos na construção de modelos de perfis são recentes no programa de pesquisa, em grande medida, na maioria dos estudos empíricos realizados até o momento. Segundo MATTOS (2014) apesar dos avanços que já ocorreram no programa de investigação em perfis conceituais, principalmente aqueles que tiveram como objetivo a construção de modelos, muito trabalho ainda precisa ser feito, como por exemplo, um exame cuidadoso da dimensão axiológica das zonas e sua relação com aspectos afetivo-volitivo. Ele propõe que para introduzir o papel das emoções na abordagem do perfil conceitual é preciso levar em conta o seu papel na regulação das funções psicológicas superiores, bem como no processo de ensino e aprendizagem. Considerando esta dimensão como a base fundamental do modelo de perfil conceitual, Dalri (2010) propõe a inclusão da dimensão axiológica como desempenhando um papel na regulação e modulação da forma como as zonas são desenvolvidas e utilizadas em contextos específicos.

No livro que trata de toda a trajetória do programa (MORTIMER; EL-HANI, 2014), e que constitui o principal referencial teórico e metodológico da teoria de perfis conceituais, é destacado que inicialmente três conceitos fundamentais ou ontoconceitos foram escolhidos para que fossem construídos perfis – matéria, energia e vida – e que a decisão “foi começar com os ontoconceitos, modificados a partir da noção de ontodefinições de Emmeche (1997) que definem amplos domínios nas ciências naturais – química, física e biologia” (p. XII).

Nessas pesquisas em perfis, especificamente na determinação das zonas que constituem o perfil conceitual de um conceito particular, esses ontoconceitos foram desdobrados em conceitos mais específicos, de modo a tornar o estudo viável. Para o ontoconceito matéria foram estudados os conceitos de matéria, átomo e molécula; no caso de energia, foram estudados

os conceitos de calor, entropia e espontaneidade de processos físicos e químicos; e para vida, os conceitos de vida / ser vivo, e adaptação evolutiva (MORTIMER; EL-HANI, 2014). Esses autores afirmam, ainda, que não há interesse na construção de inúmeros perfis conceituais para cada conceito e propõem os seguintes critérios para a seleção de conceitos para os quais a construção de perfis conceituais traz contribuições importantes: (1) os conceitos devem ser centrais e não periféricos numa dada ciência; (2) devem ser suficientemente polissêmicos para que valha a pena a sua construção; e (3) devem ser usados tanto na linguagem científica quanto na cotidiana, de modo que se possa construir um modelo da heterogeneidade de pensamento e discurso que possa ser usado na análise de discurso de alunos em sala de aula (MORTIMER *et al.*, 2014).

O conceito de herança biológica, objeto do presente estudo, responde a estes requisitos, dado sua centralidade nas ciências biológicas e a sua polissemia na linguagem cotidiana e entre ela e a linguagem da ciência escolar. Explicações que envolvem a herança biológica fazem parte da história da humanidade e diversas ideias foram elaboradas para explicar as semelhanças entre pais e filhos, assim como para lidar com o surgimento de indivíduos acometidos por diferentes síndromes.

A despeito de muitas dessas explicações serem retratadas na literatura como crenças, mitos, superstições e folclore, elas compõem um vasto repertório da linguagem cotidiana, e persistem entre as formas de pensar este conceito, mesmo após experiências de escolarização (SANTOS, 2005). Por exemplo, a concepção de que as características hereditárias são transmitidas pelo sangue, é encontrada com frequência quando as pessoas são questionadas sobre hereditariedade (SANTOS 2005; SANTOS; BIZZO, 2005). Outras formas, alternativas ao discurso da ciência escolar, de interpretar o fenômeno da herança biológica incluem a crença na herança de características adquiridas, a crença de que as contribuições parentais são desiguais - pressupondo-se, por exemplo, que as meninas herdarão as características da mãe e que os meninos herdarão as características do pai - e a ausência de consciência de que existe uma entidade real e material sendo transmitida de geração a geração (LEWIS; WOOD-ROBINSON, 2000; RICHARDS; PONDER, 1996;).

Tendo em vista que o conceito de herança responde aos requisitos de um conceito para o qual a construção de perfil é possível e pertinente, e considerando-o um conceito relacionado ao ontoconceito de vida, partimos da hipótese de que perfis de herança biológica podem apresentar potencial para serem usados em investigações sobre aprendizagem em salas de aula de ciências, bem como no planejamento de ensino de genética.

Sepulveda (2010) destaca que em termos teóricos, é possível argumentar a favor do potencial heurístico de perfis conceituais como ferramenta para análise de discurso voltada à investigação da produção de significado em sala de aula, tendo em vista o papel que o modelo pode cumprir ao orientar epistemologicamente a análise semântica do discurso produzido neste espaço social. Em trabalho recente, Sepulveda (2017) aponta que apesar dos avanços e amadurecimento do programa em perfis conceituais, alguns desafios precisam ser enfrentados, entres os quais destaca a premência em se buscar caminhos para que a teoria de perfis e os resultados de suas investigações cheguem à sala de aula, de modo a ter algum impacto na prática pedagógica do professor.

Buscando contribuir para tais avanços no programa de pesquisa em perfis, essa investigação tem como objetivo principal propor um modelo de perfil para o conceito de herança biológica que possa se constituir, em uma ferramenta teórico-metodológica tanto para analisar interações discursivas em salas de aula como amparar o planejamento de ensino de genética no contexto do Ensino Médio. Dado que o desenvolvimento e os processos de significação do conceito de herança foram/são fortemente permeados ou mesmo dirigidos por aspectos axiológicos, pretende-se também promover discussão acerca do papel que a dimensão axiológica pode desempenhar na construção de perfis conceituais.

Esse relato de pesquisa está estruturado em seis capítulos: I. Perfil conceitual: uma teoria de ensino e aprendizagem; II. O percurso metodológico de construção de um modelo de perfil conceitual de herança biológica; III. O conceito de herança biológica e a busca da sua polissemia para constituição das zonas do perfil nos diferentes domínios genéticos; IV. A dimensão axiológica e os modelos de perfis conceituais; V. A organização da polissemia do conceito de herança biológica; VI. As zonas propostas para um perfil

conceitual de herança biológica e VII. A teoria dos perfis conceituais e o seu potencial heurístico na investigação e interpretação de situações de ensino e aprendizagem em ciências.

No primeiro capítulo será apresentada a teoria dos perfis conceituais com ênfase nos seus pressupostos teóricos e epistemológicos, serão tratados também os aspectos metodológicos da construção de modelos de perfis, bem como será apresentada uma revisão dos perfis já construídos e as diversas aplicações destes modelos em investigações no ensino e aprendizagem de ciências.

O capítulo II trata do percurso metodológico percorrido para a construção de um perfil conceitual de herança biológica, destacando procedimentos que já foram usados na construção de outros perfis conceituais. São apresentadas também as fontes de dados examinadas na construção do modelo proposto e a natureza dos dados empíricos dessa pesquisa.

Na sequência, o capítulo III mostra a polissemia encontrada para o conceito de herança biológica, trazendo uma breve descrição da gênese sócio-histórica do conceito, uma síntese das informações sobre a ontogênese do conceito contidas na literatura em ensino e aprendizagem de genética, uma síntese das informações que os dados empíricos coletados para este estudo – como os dados de questionários e entrevistas com estudantes de ensino médio e superior, e de interações discursivas em salas de aula do ensino médio – apresentam sobre a ontogênese e a microgênese deste conceito.

No capítulo IV, serão apresentados alguns fundamentos do papel que a dimensão axiológica da significação de conceitos apresenta na construção de perfis, e a análise de como este papel pode ser desempenhado no caso específico do conceito de herança biológica, um conceito cuja gênese é fortemente permeada por aspectos axiológicos.

No capítulo V será proposta uma forma de organizar a polissemia em torno do conceito de herança biológica, por meio de uma ferramenta, uma matriz semântica, em que compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos são relacionados aos temas a partir dos quais este conceito pode ser significado.

O capítulo seguinte traz a apresentação e caracterização epistemológica das zonas de um perfil conceitual de herança, derivadas da combinação de compromissos que compõem a matriz semântica, apresentada no capítulo

anterior, a qual se destina a modelar diferentes significados atribuídos a esse conceito, quando empregado nas explicações para a permanência das características entre as gerações.

E por fim, no capítulo VII, é feita uma análise do potencial do perfil conceitual de herança construído neste estudo como ferramenta para investigações no ensino e aprendizagem em ciências. Mais especificamente, são apresentados possíveis caminhos de aplicação do perfil construído, em análises de interações discursivas em sala de aula para compreensão dos processos de ensino e de aprendizagem, e no planejamento de intervenções pedagógicas.

CAPÍTULO I - Perfil conceitual: uma teoria de ensino e aprendizagem

Partindo da concepção de que salas de aula são lugares sociais complexos, onde é possível se constatar uma heterogeneidade inevitável nos modos de pensar e de falar. Espaço em que o professor interage com os estudantes com o objetivo de apoiá-los no desenvolvimento de um ponto de vista particular, no caso do ensino de ciências, a "história científica", e cujo objetivo é promover a compreensão de conceitos científicos dos alunos (MORTIMER E SCOTT, 2003; EL-HANI; MORTIMER, 2007; MORTIMER; SCOTT; EL-HANI, 2009; 2012), é proposto que essa heterogeneidade de modos de pensar e formas de falar os conceitos precisa ser modelada se a intenção é desenvolver alguma teoria sobre o ensino e aprendizagem (MORTIMER; SCOTT; EL-HANI, 2012; MORTIMER *et al*, 2014), para que assim se possa intervir na dinâmica da sala de aula de uma maneira mais informada.

Nesse contexto, tendo como pressuposto essa heterogeneidade sobre um dado conceito e o reconhecimento da coexistência no indivíduo, de dois ou mais significados para a mesma palavra ou conceito, surge a noção de perfil conceitual em meados da década de 1990 proposta por Mortimer (1994; 1995), como forma de modelar essa heterogeneidade de pensar e falar em aulas de ciências, com o propósito de analisar a evolução conceitual em sala de aula.

Mortimer e colaboradores (2014a) propõem que assumir a existência de perfis conceituais como uma manifestação da heterogeneidade do pensamento implica reconhecer a coexistência de dois ou mais significados para a mesma palavra ou conceito, que são acessados e utilizados pelo indivíduo nos contextos apropriados. Destacam, ainda, que a própria ciência não é uma forma homogênea de conhecer e falar e pode fornecer várias formas de ver o mundo, que podem existir juntas em um mesmo indivíduo, mobilizáveis em diferentes contextos.

Neste capítulo serão apresentadas as bases que constituem e sustentam a teoria dos perfis conceituais em termos teórico-epistemológicos, bem como os referenciais metodológicos na construção dos perfis. Ao final do capítulo será tratada a ampliação da aplicação da teoria em investigações referentes ao ensino e aprendizagem em salas de aula de ciências.

1.1. Referenciais teórico-epistemológicos da teoria dos perfis conceituais

Desenvolvido por Mortimer (1994; 1995; 2000), a partir do perfil epistemológico de Bachelard, o perfil conceitual apresenta como ideia fundamental que o desenvolvimento de um conceito pelo indivíduo dá origem a uma pluralidade de significados, decorrentes de diferentes formas de conhecimento e de linguagem presentes nas muitas esferas da vida social.

Como uma alternativa ao compromisso das teorias e modelos de mudança conceitual, que tem como pressuposição que, ao aprender ciências, os estudantes devem ser levados a romper com o conhecimento cotidiano, com conceitos anteriores e princípios relacionados às suas visões de mundo, que poderiam ser obstáculos para a aprendizagem de ciências (Posner et al, 1982), surge a ideia de perfil no contexto de uma pesquisa que tinha o interesse particular de descrever a gênese de um modelo atomístico para explicar os estados físicos e as transformações materiais, particularmente as mudanças de estado e as dissoluções (MORTIMER, 2000).

Ao planejar sua pesquisa, que culminou na ideia de perfil, Mortimer acreditava que uma visão contínua da matéria era incompatível com a visão atomística e que a construção desta pressupunha a superação da primeira num processo de equilibração majorante (PIAGET, 1977), mas ao mesmo tempo procurava desenvolver sua proposta de ensino dentro de uma perspectiva construtivista, em que a aprendizagem ocorre através do envolvimento ativo do aprendiz na construção do conhecimento e também na perspectiva de que as concepções prévias e alternativas do estudante desempenham um papel fundamental do processo de aprendizagem (MORTIMER, 2000).

Mesmo com a hipótese inicial de descrição da evolução das ideias dos estudantes como resultado de um processo de equilibração majorante e mudança conceitual, Mortimer já apresentava uma visão particular de mudança conceitual baseada em trabalho já desenvolvido (MORTIMER, 1982), “a noção bachelardiana de perfil epistemológico para analisar o currículo de química do Ensino Médio” (MORTIMER, 2000, p. 26). E no contexto da sua pesquisa de doutorado (MORTIMER, 1994), Mortimer relata que tanto a hipótese de análise, como os pressupostos para a metodologia de ensino evoluíram em sala de aula, e assim, não conseguiam detectar uma mudança conceitual e, ao

contrário, havia uma convivência das concepções que os estudantes apresentavam no início do processo de ensino com os novos conceitos. Há a proposição de que “a aprendizagem em sala de aula de ciências pode ser descrita como uma mudança do perfil conceitual do estudante, cujo novo perfil inclui também, mas não exclusivamente, as novas ideias científicas” (MORTIMER, 2000, p. 27).

Nessa circunstância, Mortimer (1994; 1995; 2000) defende que parece inútil o esforço em mudar concepções que têm raízes profundas nas formas cotidianas de pensar e falar sobre o mundo e que são compartilhadas pelos indivíduos de uma mesma cultura. Suprimir essas concepções alternativas significaria suprimir uma forma de se expressar sobre o mundo que permite a comunicação entre os diferentes grupos dentro de uma mesma cultura.

Essa convivência de diferentes ideias é relacionada por pesquisadores a diferentes fatores que, de maneira geral, consideraram que as concepções dos estudantes apresentam funcionalidade em situações cotidianas, por isso elas dificilmente são abandonadas, afinal, podem se mostrar suficientes para resolver determinados problemas e explicar fenômenos¹. E, ainda, muitas vezes os estudantes não percebem a aplicabilidade dos conceitos científicos estudados na escola em situações do seu cotidiano (MORTIMER, 1996).

Nesse contexto, um desgaste natural desse modelo de mudança conceitual é evidenciado, pois os resultados da aprendizagem não correspondiam às expectativas colocadas nas pesquisas após um período de aplicação de estratégias didáticas que adotavam esse modelo como principal suporte para a organização do ensino (MORTIMER, 1996).

Com base nesse pressuposto de que coexistem, em cada indivíduo, diferentes modos de pensar² um mesmo conceito, Mortimer (1994: 1995; 2000)

¹ O caso de um estudante que aprende o conceito científico de que o calor (*cf.* AMARAL; MORTIMER 2001) é um processo de transferência de energia entre sistemas a diferentes temperaturas. Em sua vida cotidiana, contudo, ele atuará em vários contextos discursivos que reforçam outras ideias de calor, como, por exemplo, a visão comum de que o calor é uma substância e de que é proporcional à temperatura, podendo haver um “calor quente” e um “calor frio”. Por exemplo, o estudante muito provavelmente pedirá um “casaco quente de lã” em uma loja, na medida em que este modo de falar é muito mais apropriado para se comunicar neste contexto do que solicitar “um casaco feito de um bom isolante térmico, que evite a transferência de energia térmica do corpo para o ambiente”. Assim, a cada vez que o estudante usa esse modo cotidiano de falar sobre o calor, o valor pragmático da linguagem cotidiana preserva significados que estão em desacordo com a visão científica, e assim, parece impossível, que estes significados sejam substituídos por aqueles cientificamente aceitos (MORTIMER; SCOTT; EL-HANI, 2009).

² Mortimer, Scott e El-Hani (2009) esclarecem que Modos de pensar são tratados como elementos de permanência no pensamento conceitual dos indivíduos, intimamente relacionados a significados socialmente construídos que podem ser atribuídos aos conceitos.

propõe que essas diferenças compõem um perfil conceitual, constituído por zonas identificadas inicialmente com base em compromissos epistemológicos e ontológicos próprios de diferentes formas de compreender a realidade. E assim, o perfil conceitual permite descrever o processo de formação de conceitos, em salas de aula de ciências, numa forma que é coerente com a ideia de que diferentes pontos de vista podem ser complementares.

Como já mencionado anteriormente e na introdução desse trabalho, a noção de perfil conceitual foi inspirada pelo perfil epistemológico de Bachelard (1968; 1984), segundo o qual diferentes maneiras de conceituar a realidade são formuladas em termos de sistemas filosóficos de pensamento, cada um deles representando uma forma de pensar, sendo que, um conjunto de compromissos epistemológicos enfocam uma face do conceito. Mas para que a noção de perfil epistemológico pudesse ser aplicada à análise de processos de ensino e aprendizagem de ciências, foi preciso que novos parâmetros fossem introduzidos, dando origem à noção de perfil conceitual que passa a incorporar três aspectos: a distinção entre características ontológicas e epistemológicas das zonas do perfil, o fato de as zonas serem determinadas pelos compromissos epistemológicos e ontológicos dos indivíduos, em lugar de escolas filosóficas de pensamento, como no caso do perfil epistemológico, e por fim, o papel que a tomada de consciência, pelo estudante, de seu próprio perfil desempenha no processo de aprendizagem (MORTIMER, 2000).

Quando implantado o programa de pesquisa sobre perfis conceituais, o perfil epistemológico de massa proposto por Bachelard (1984) forneceu um sistema filosófico adequado para identificar compromissos epistemológicos e ontológicos que sustentam os modos de pensar e formas de falar, envolvidos na gênese de conceitos centrais da física e da química, a exemplo de matéria e energia, como menciona Sepulveda (2010). E nessas circunstâncias, a construção de perfis para os conceitos de átomo e estados físicos da matéria (MORTIMER, 1994; 2000), de molécula (MORTIMER, 1997), de calor (AMARAL; MORTIMER, 2001), e de espontaneidade e entropia (AMARAL, 2004) tiveram a caracterização de suas zonas baseadas no perfil epistemológico de Bachelard, que exerceu um papel importante, porém, com o andamento das pesquisas, este já não se prestou quando foi iniciada a construção de modelos de perfis nas ciências biológicas, por exemplo.

E de acordo com Sepulveda (2010):

... à medida que a noção de perfil conceitual foi sendo aplicada a conceitos relativos a outros campos do conhecimento, o sistema filosófico de Bachelard foi perdendo o papel central que desempenhou, como referencial teórico e metodológico, na constituição das zonas de perfis para conceitos relativos à matéria e suas transformações, ou ao conceito de energia (p. 23).

Com o desenvolvimento do programa de perfis conceituais, a construção e consolidação de suas bases teóricas consistiram em sua progressiva identificação com a abordagem sociocultural da cognição e, conseqüentemente, com o afastamento da perspectiva cognitivista da aprendizagem, baseada no paradigma piagetiano que orientou o movimento da mudança conceitual, anteriormente mencionado (SEPULVEDA, 2010). E estando as ideias dos perfis conceituais alinhadas com as críticas ao modelo de mudança conceitual, outras tendências, como o construtivismo contextual do Cobern, por exemplo, (COBERN, 1996; EL-HANI; BIZZO, 2002), se alinham nesse contexto à defesa da coexistência de diferentes modos de pensar e falar como resultado da aprendizagem das ciências.

A afinidade com os estudos socioculturais dos processos mentais humanos presentes na pesquisa de Mortimer (1994; 2000) acerca da evolução das concepções atomistas de estudantes em sala de aula, deu origem, como já mencionamos, ao modelo de perfis conceituais. E no contexto de sua pesquisa, constatações de natureza teórico-metodológica e de natureza empírica, apontaram para a insuficiência do paradigma piagetiano da equilibração para interpretar os dados relativos ao processo de construção do atomismo pelos estudantes em sala de aula, à luz da noção de perfil conceitual. Estas constatações também sugeriram a adoção de elementos da abordagem sociocultural da cognição para a análise deste processo (MORTIMER, 2000). E, nesse contexto, ele encontrou nas ideias de Vygotsky acerca da relação entre processos externos e internos no desenvolvimento das funções mentais superiores um caminho para superar os desafios postos na sua pesquisa, dado que estas ideias apontam para a superação da dicotomia social/individual.

De acordo com a lei geral do desenvolvimento cultural proposta por Vygotsky:

[...] qualquer função no desenvolvimento cultural da criança aparece duas vezes, ou em dois planos. Primeiro, ela aparece no plano social, e então no plano psicológico. Primeiro, ela aparece entre as pessoas como uma categoria interpsicológica, e então

dentro da criança, como uma categoria intrapsicológica” (Vygotsky, 1978, p. 163).

Uma das consequências da relação entre os planos inter e intrapsicológico proposta por Vygotsky é que as mesmas categorias de um perfil conceitual podem ser usadas para detectar a evolução conceitual de ideias tanto em indivíduos como no espaço social da sala de aula (Mortimer, 2000, p. 153). Outra constatação estabelecida no decorrer da análise do processo de ensino do atomismo levou ao reconhecimento da importância de outra ideia central na obra de Vygotsky, a de que a chave para o entendimento da ação humana, tanto no plano individual como no social, está na análise das ferramentas e dos símbolos, os mecanismos semióticos, empregados na mediação entre estas ações e os objetos (Wertsch, 1985; Mortimer, 2000).

A aproximação entre a abordagem de perfis conceituais e uma abordagem sociocultural da aprendizagem gerou, portanto, uma redefinição da unidade de análise da evolução conceitual no programa de pesquisa. O perfil conceitual, inicialmente desenvolvido como um sistema de avaliação de concepções de um indivíduo através da gênese de um conceito científico, passou a ser aplicado também à análise das ideias construídas no espaço social da sala de aula e do modo como estas evoluem ao longo das interações entre professor e estudantes e dos estudantes entre si (MORTIMER, 2000).

Importantes elementos dos processos de ensino e aprendizagem, revelados na investigação de Mortimer (1994), permitiu concluir que a superação da descontinuidade entre conceitos intuitivos do senso comum e noções contra intuitivas da ciência, caracterizadas por obstáculos epistemológicos e ontológicos, se deu a partir de um processo de negociação de significados no espaço social da sala de aula, em que o uso da linguagem e as estratégias discursivas empregadas pelo professor exerceram um papel fundamental. Esta interpretação dos dados de sala de aula levou Mortimer a considerar o paradigma piagetiano da equilibração insuficiente para descrever a superação de obstáculos epistemológicos e ontológicos, bem como a sugerir que as ideias de Vygotsky poderiam prestar grande contribuição à abordagem dos perfis conceituais.

Levando em conta a importância de analisar o papel desempenhado por um sistema mediador, constituído pela interação discursiva entre estudantes e

professor, bem como pelo uso de diversas ferramentas culturais, como os textos e atividades didáticas, na produção de novos significados no espaço social da sala de aula, o programa de pesquisa sobre perfis conceituais se debruça em aprofundar o referencial teórico oferecido pelos escritos de Vygotsky, assim como em trabalhos acerca do papel da linguagem na construção de conhecimento inspirados em Vygotsky e comprometidos com uma abordagem sociocultural da cognição, em destaque a obra de Wertsch (1985, 1991).

Considerando ainda o contexto de sua pesquisa, MORTIMER (2000) propõe que conceitos e modelos explicativos da ciência compõem sistemas simbólicos que mediam nossa relação com a realidade física e se constituem em um modo particular de falar sobre o mundo natural, produzido e tornado válido por uma comunidade científica, a linguagem social da ciência. A existência deste modo de falar próprio da ciência e algumas de suas características peculiares foram analisadas por Mortimer, levando-o a propor que a aprendizagem da ciência é inseparável da aprendizagem da linguagem científica.

Em pesquisa posterior, Mortimer (2001), ao avaliar os recursos mediadores envolvidos na emergência e elaboração de zonas de um perfil conceitual de matéria em sala de aula, propôs que investigações sobre a produção de novos significados poderiam ser organizadas tendo em vista a relação entre modos de pensar, caracterizados a partir de um perfil conceitual, e formas de falar, caracterizadas em termos das noções de linguagem social e gênero de discurso de Bakhtin (1981).

Considerando esses elementos acima descritos, Amaral (2004) desenvolveu pesquisa para avaliar o uso de um perfil para os conceitos de entropia e espontaneidade como instrumento de análise de discurso em sala de aula. Sua ideia era de que este instrumento permitisse a compreensão da evolução das ideias dos estudantes sobre as transformações químicas e físicas, no decorrer de um processo de ensino e aprendizagem. Nesse contexto, o objetivo de Amaral (2004, p. 270) foi ampliar a discussão teórica sobre o perfil conceitual, ao considerar que este modelo “pode ser usado para compreender a heterogeneidade de ideias presentes em sala de aula, relacionando diferentes modos de pensar a diferentes formas de

falar”. A partir desta perspectiva, as zonas do perfil têm sido vistas não só como diferentes modos de pensar, mas também como diferentes formas de falar, gêneros de discurso e linguagens sociais, empregados e produzidos na enunciação destas formas de pensar.

Sepulveda (2010) considera dois movimentos importantes para a compreensão do percurso de construção das bases teóricas do programa de pesquisa sobre perfis conceituais, desde sua origem:

[...] (1) a descentralização do perfil epistemológico de massa de Bachelard na metodologia de constituição das zonas de perfis conceituais e (2) a adoção das ideias de Vygotsky e Bakhtin como referenciais para interpretar a aquisição de novas zonas e a tomada de consciência da multiplicidade de formas de pensar que cada uma das zonas encerra, a partir da análise da significação ao longo do discurso de sala de aula. Este movimento foi seguido – como não deve causar surpresa - de um afastamento de abordagens cognitivistas da aprendizagem. Na nossa interpretação, estes dois movimentos levaram ao programa de pesquisa sobre perfis conceituais a fortalecer suas bases teóricas em torno de teorias da cognição humana que a tratam como socialmente determinada (p. 28).

Segundo Mortimer e colaboradores (2014a), em desenvolvimentos posteriores, perfis conceituais foram integrados em um marco teórico que trata da aprendizagem de ciências como a aprendizagem da linguagem social da ciência escolar através de interações discursivas em sala de aula, analisados a partir de uma perspectiva sociocultural (MORTIMER; SCOTT, 2003).

O trabalho de Amaral (2004), anteriormente mencionado é considerado importante nessa trajetória, pois: a) desenvolve metodologia para estudos empíricos de uso do perfil para análise de discurso; b) amadurece movimento para relacionar modos de pensar a formas de falar; c) busca novas bases epistemológicas para o perfil mais coerentes com a noção de heterogeneidade do pensamento verbal de Tulvíst que não implica no cientificismo do perfil epistemológico de Bachelard.

Mortimer, Scott e El-Hani (2009) revelam, acompanhando as ideias de Vygotsky, que a imposição de tais construções coletivas à cognição individual pode ser explicada pelo fato de esta última se desenvolver mediante a internalização de ferramentas culturais, as quais são tornadas disponíveis através de interações sociais. Propõem que é possível argumentar que as pessoas lidam com construções coletivas, termo preferido por eles ao construírem seu pensamento conceitual.

Assim, a existência de perfis conceituais pode ser entendida a partir da interpretação de Wertsch (1991) acerca da noção de heterogeneidade do pensamento verbal de Tulvíst (1986), afirmando que em qualquer cultura em qualquer indivíduo, não existe uma forma homogênea de pensamento, mas diferentes tipos de pensamento verbal.

Wertsch (1991), identifica três diferentes interpretações da noção de heterogeneidade: 1) heterogeneidade como hierarquia genética; 2) heterogeneidade apesar da hierarquia genética e 3) heterogeneidade não genética. As duas primeiras posições consideram que as formas de pensamento, representação e ação podem ser hierarquizadas em termos genéticos. Entretanto, a primeira visão considera que as formas de pensamento que apresentam um desenvolvimento posterior são também mais poderosas e eficazes, a segunda assume que o fato de uma forma de pensamento emergir mais tardiamente que outra não implica que ela seja, em si, mais poderosa ou eficaz que as anteriores. A terceira posição, por sua vez, defende que não há uma hierarquia inerente às variadas formas de representação e ação no funcionamento mental seja em termos de gênese, ou em termos de poder e eficácia.

O programa de pesquisa sobre perfis conceituais tem adotado a noção de heterogeneidade apesar da hierarquia genética, tal como proposta por Tulvíst (1986), de modo que as zonas de um perfil conceitual são entendidas como formas de pensamento que podem ser hierarquizadas apenas em termos genéticos. Essa hierarquização não implica que as perspectivas de significar um conceito que foram resultantes de desenvolvimentos posteriores sejam epistemologicamente superiores às anteriores, sejam necessariamente mais poderosas. É possível atribuir maior ou menor poder explicativo e eficácia apenas em termos de sua adequação na resolução de determinados problemas. Segundo Wertsch "embora algumas formas de funcionamento emergjam mais tardiamente que outras, elas não são inerentemente melhores." (Wertsch, 1991, p. 97).

A noção de heterogeneidade do pensamento verbal desenvolvida por Tulvíst oferece uma estrutura conceitual mais geral, que permite a compreensão de relações que podem ser estabelecidas entre a noção de "caixa de ferramentas" de Wittgenstein e a ideia vygotskyiana de ação

semioticamente mediada. Partindo desta compreensão da noção da caixa de ferramentas, (Mortimer, 1998 e Mortimer e Scott, 2002; 2003) propõem que é possível pensar que as zonas de um perfil são constituídas não só de significados para um mesmo conceito ou palavra, mas, também, de um conjunto de instrumentos mediadores, a exemplo de linguagens sociais e gêneros de discurso, que são mobilizados pelos sujeitos em contextos apropriados, para compreender a realidade e se comunicar entre si. Deste modo, a abordagem dos perfis conceituais se alinha com a perspectiva sócio-cultural de interpretação da aprendizagem de ciências, segundo a qual aprender ciências é, em grande medida, aprender a linguagem social da ciência e reconhecer o gênero de discurso da sala de aula de ciências.

Através de desenvolvimentos posteriores, perfis conceituais foram integrados a um alicerce teórico que trata a aprendizagem de ciências como a aprendizagem da linguagem social da ciência escolar, através de interações discursivas na sala de aula, entendidas de uma perspectiva sócio-interacionista (Mortimer; Scott, 2003). Diante desse arcabouço teórico, fica proposto nos fundamentos que sustentam os perfis conceituais que as seguintes teorias são integradas em uma síntese coerente sustentada por vários pressupostos compartilhados, que são características de abordagens socioculturais: a) perfis conceituais, como ferramentas para a análise de modos de pensar; b) a teoria da linguagem do círculo de Bakhtin, como base para a análise dos modos de falar; c) teoria do desenvolvimento das funções mentais superiores, como base para a investigação de aprendizagem de Vygotsky; d) quadro de Mortimer e Scott para a pesquisa em sala de aula abordagens comunicativas, e mais recentemente a análise da construção do conhecimento escolar em termos da sociologia da educação de Basil Bernstein (MORTIMER; SCOTT; EL-HANI, 2009; MORTIMER *et al*, 2014a).

As construções coletivas, de natureza supra individual (ou seja, social), impostas à cognição individual decorrem do fato de que esta se desenvolve mediante a internalização de ferramentas culturais que são tornadas disponíveis através de interações sociais, e:

Como nossa experiência social é diversa e multifacetada, segue que não compartilhamos apenas uma série de conceitos a partir dos quais significamos nossa experiência; ao contrário, temos à disposição uma diversidade de significados estabilizados em diferentes linguagens sociais, sendo que o peso que damos a

cada um deles depende da extensão em que tivemos oportunidades, ao longo de nossa formação, para empregá-los de modo fértil para dar conta dos desafios colocados por nossas experiências (MORTIMER; SCOTT; EL-HANI, 2009).

O programa de pesquisa em perfis conceituais foi estabelecido com o propósito de investigar e entender sobre como as pessoas aprendem conceitos científicos e como esses conceitos podem ser ensinados através do diálogo com a heterogeneidade da linguagem, do significado e do pensamento verbal (El-Hani *et al.*, 2014). Assim, esses autores propõem que as tarefas básicas nesse programa de pesquisa são: I) determinar as zonas que constituem o perfil conceitual de uma série de conceitos científicos fundamentais, que são polissêmicos e desempenham um papel central na educação científica; II) investigar como essas zonas aparecem em diferentes pessoas como forma de caracterizar perfis conceituais individuais; III) Investigar a interação entre diferentes modos de pensar e formas de falar em salas de aula reais de ciências.

Tomando como central a aprendizagem de conceitos para o programa de pesquisa sobre perfis conceituais, uma importante discussão sobre a natureza dos conceitos é encontrada na literatura que trata das bases teóricas dos perfis conceituais. Nesse contexto, há duas visões distintas na literatura em ensino de ciências. De acordo com Mortimer; Scott; El-Hani (2009), na primeira visão, dominante na literatura, os conceitos são vistos como modelos ou esquemas mentais construídos pelos aprendizes que representam objetos ou eventos, e assim são como entidades mentais relativamente estáveis que são possuídas por um indivíduo. Neste caso, a mudança ou evolução conceitual é entendida como um processo por meio do qual estes esquemas individuais sofrem algum tipo de transformação, e na educação científica, isso pode significar a aprendizagem pelo estudante, de alguma forma do ponto de vista da ciência escolar.

A segunda visão sobre conceitos é bastante diferente e os concebe como existindo apenas como parte de qualquer língua natural ou sistema estruturado de conhecimento, tal como ciência, e nestes termos, conceitos são entidades linguísticas externas ou estruturas e existem em textos e linguagem, como construções sociais (MORTIMER *et al.*, 2014a). Segundo esses autores:

... Ao invés de pensar em conceitos como entidades mentais, passamos a pensar sobre os processos mentais de conceituação,

que são fundamentados em processos cerebrais, mas não são redutíveis a eles, uma vez que ao conceituar meio de se envolver em lidar com conceitos como construções sociais (p. 6).

Este processo dinâmico, acima mencionado, tem identificação com o pensamento conceitual de Vygotsky acerca das, funções mentais superiores. Nestes termos, a conceituação é um processo emergente, sempre produzido através de uma interação entre um indivíduo e algum evento externo ou experiência. Assim, o processo de conceituação é de natureza social, sendo, assim, socialmente orientado. E nesse contexto, “de uma perspectiva sócio-interacionista, o fato de pensarmos que “possuímos” conceitos em nossas mentes é uma indicação de quão poderoso pode ser o processo de socialização” (MORTIMER *et al*, 2014a, p. 6).

Como já anteriormente mencionado, uma das bases para a abordagem da visão de conceitos desenvolvidos na teoria dos perfis conceituais reside na lei genética geral de Vygotsky do desenvolvimento em que o pensamento individual se desenvolve por meio da internalização de ferramentas culturais disponibilizados por meio de interações sociais.

Em síntese, na primeira abordagem, conceituações e conceitos individuais são tratados como uma única coisa, e por essa perspectiva, os conceitos são tratados como tendo uma existência duradoura, independente do contexto de uso, dadas as suas estruturas internas mais ou menos fixas. Estas duas características de conceitos: como um artefato interno e com uma natureza descontextualizada são compartilhadas pela maioria dos autores no movimento de mudança conceitual. De acordo com a segunda visão, conceitos e conceituações são distintos e, a partir da heterogeneidade da experiência, se constitui a heterogeneidade do pensamento conceitual. Nesse contexto, essa heterogeneidade do pensamento conceitual pode ser modelada pelos perfis conceituais (MORTIMER *et al*, 2014a). De acordo com Mortimer, Scott e El-Hani (2009): “uma visão sócio-interacionista sobre os conceitos implica também na possibilidade de diferentes maneiras de conceitualizar nossa experiência, com base na variedade de contextos em que ela tem lugar. Esta é uma idéia básica da abordagem dos perfis conceituais”.

Na teoria do perfil conceitual, o problema de gerar novos significados no ensino da ciência é enquadrado em termos de interação entre modos de

pensar e formas de falar, considerando a convivência no indivíduo de dois ou mais significados para a mesma palavra ou conceito, acessados nos contextos apropriados (El-Hani *et al.*, 2014).

De acordo Mortimer e colaboradores (2014a) não pode haver dúvida de que um modelo, como o perfil conceitual, será um modelo que só pode ser projetado em novas situações se reunir informações sobre os contextos específicos de ensino, dada a sua complexidade e contingência, e ressaltam que tais características não devem fazer com que se deixe de lado a tentativa de modelar modos de pensar e formas de falar de estudantes e professores por dois motivos: a) mesmo que mostrem muita variação, eles não vão ascender a idiossincrasias puramente individuais, uma vez que a sua variação é limitada pelas circunstâncias socio-culturais, e b) se um modelo não funciona adequadamente quando aplicado a uma determinada sala de aula, devido às suas características particulares, esta não é uma falha grave, uma vez que é um elementos-chave da modelagem como uma prática epistêmica que os modelos possam ser aplicados e revisados quando encontramos situações em que eles não parecem ser adequados ou suficientes.

De acordo com MORTIMER, SCOTT e EL-HANI (2009), cada indivíduo tem um perfil conceitual próprio, que se diferencia dos perfis de outros sujeitos pelo peso dado a cada zona, e não pelas zonas propriamente ditas. Estas são modos de pensar e significar supra-individuais, sociais, que são impostos à cognição individual ao longo de seu processo de formação. As diferenças entre perfis resultam da diversidade da experiência social dos indivíduos, na medida em que esta pode oferecer mais ou menos oportunidades para empregar distintos modos de pensar nos contextos em que são pragmaticamente poderosos.

Ter consciência de um perfil conceitual e da demarcação entre suas zonas implica ser capaz de aplicar uma ideia científica nos contextos em que ela é apropriada, inclusive na vida cotidiana, e, ao mesmo tempo, preservar modos de pensar e falar distintos do científico nas situações em que se mostrem pragmaticamente apropriados. Trata-se de uma coexistência entre diferentes modos de pensar e falar, bem como de uma maneira de entender o ensino e a aprendizagem das ciências que os tornam não somente mais sensíveis à diversidade cultural, mas também mais factíveis, na medida em que

não tomamos como objetivo deslocar ou substituir visões que são reforçadas a cada momento por nossa linguagem cotidiana. Em termos das estratégias de sala de aula, o objetivo da tomada de consciência indica a importância da aplicação das ideias científicas a uma variedade de circunstâncias como um aspecto importante do ensino de ciências (MORTIMER, SCOTT e EL-HANI (2009; MORTIMER *et al.*, 2014a).

Finalizando, esse breve histórico que mostra as bases teóricas da teoria de perfil conceitual, é importante registrar que ao longo desses anos, desde a sua proposta em 1994, foi se constituindo um programa de pesquisa, cujas bases teóricas, epistemológicas e metodológicas têm sido consolidadas, e encontram-se sistematizadas, por exemplo, em uma recente publicação (MORTIMER; EL-HANI, 2014) destinada à divulgação das mesmas na comunidade de educadores em ciências, na intenção de construir uma identidade em relação a outras teorias de aprendizagem e abordagens de pesquisa em aprendizagem conceitual com tradição ou emergentes na área (SEPULVEDA, 2017).

Sepulveda (2017) também faz algumas considerações nesse trabalho sobre avanços e amadurecimento do programa:

[...] recentemente, em um encontro, realizado para avaliar esse percurso e as pesquisas em andamento, foram apontados alguns desafios que precisam ser enfrentados, dos quais, eu destacaria: (1) como estender a aplicação da teoria da aprendizagem de perfis conceituais para investigação e planejamento de ensino de diversos conceitos que permeiam as salas de aula de ciências, dado o custo de construir perfis e os requisitos que se tem reconhecido como necessários para que um conceito seja perfilável; e (2), como fazer para que a teoria do perfil conceitual – e os resultados de sua investigação – chegue à sala de aula e tenha algum impacto na prática pedagógica do professor; (3) e responda às demandas sociais postas aos currículos de ciências, as quais têm extrapolado a aprendizagem conceitual (p. 11).

Algumas considerações sobre os referenciais epistemológicos da Teoria de perfil conceitual

De acordo com Sepulveda (2010), o amadurecimento das bases teóricas do programa de pesquisa sobre perfis conceituais foi acompanhado, naturalmente, do desenvolvimento das bases epistemológicas que o fundamentam. A partir desse ponto, farei uma breve descrição das principais questões que sustentam essas bases.

El-Hani, Silva-Filho e Mortimer (2014) consideram importante, para o entendimento das bases epistemológicas que se leve em conta um princípio da teoria de perfil conceitual: a noção de heterogeneidade apesar da hierarquia genética, proposta por Wertsch (1991), anteriormente mencionada. Esse princípio assume que diferentes formas de pensar podem ser classificadas geneticamente (no sentido de desenvolvimento ou geração), mas as últimas formas não são consideradas mais poderosas. Wertsch assume que o desenvolvimento de novas formas de atividade dá origem a novos tipos de pensamento, mas, uma vez que as formas anteriores de atividade continuam a cumprir algum papel na cultura, velhos tipos de pensamento são preservados e continuam a funcionar bem em contextos adequados.

A existência dos perfis conceituais como uma manifestação da heterogeneidade do pensamento implica reconhecer a coexistência no indivíduo de dois ou mais significados para a mesma palavra ou conceito, que são acessados em contextos apropriados. Diante dessa heterogeneidade surge o questionamento de suas implicações para a aprendizagem de algum conceito na escola. Mesmo que os diferentes significados de um conceito, modelados como zonas de um perfil conceitual, possam ser mais proveitosos quando acessados em alguns contextos – adequados, pragmaticamente poderosos - não há garantia de que um indivíduo, de fato, trabalhará com significados apropriados nesses contextos. Isso é algo a ser aprendido e aprender isso é aprender sobre a heterogeneidade de pensar e falar, bem como sobre a diversidade de contextos em que usamos nossas formas de pensar e falar (EL-HANI; SILVA-FILHO; MORTIMER, 2014).

Na teoria dos perfis conceituais, como já mencionado, a aprendizagem envolve dois processos interligados: (1) o enriquecimento do perfil conceitual de um indivíduo, (2) tornar-se consciente da multiplicidade de modos de pensar que constitui o perfil, bem como dos contextos em que podem ser proveitosamente aplicados (EL-HANI; MORTIMER 2007; MORTIMER *et al* 2014a). O primeiro processo (cognitivo) tipicamente envolve aprender modos de pensamento científico, no ensino de ciências, enquanto que o segundo processo (metacognitivo) exige que os alunos adquiram uma visão clara sobre que modos de pensamento são apropriados em que contextos. Esta proposição é compatível com a noção de Wertsch de heterogeneidade apesar

da hierarquia genética. Nesse contexto, El-Hani, Silva-Filho e Mortimer (2014) destacam que é importante considerar que os alunos podem estar em um estado cognitivo de desenvolvimento em que dominam uma ideia científica, mas ainda não estão cientes de como ela se encaixa na heterogeneidade de seus próprios pensamentos. Assim, a aplicação de conhecimentos a situações concretas e autênticas deve ser sempre considerada um papel central no ensino de ciências, pois isso irá preparar os alunos para que o conhecimento é para ser aplicado na resolução de problemas, e, portanto, que podemos diferenciar entre as ideias mais aplicáveis a alguns tipos de problemas do que para outros.

Um importante e esclarecedor exemplo, que envolve o que acima é mencionado, com as zonas do perfil de calor:

um estudante pode tornar-se ciente de que o conceito científico de "calor", como um processo de transferência de energia entre sistemas a diferentes temperaturas, é complementar ao seu conceito cotidiano de calor, que assume como calor sendo proporcional à temperatura. Se as noções são complementares, há contextos em que um dos significados, é mais adequado para ser utilizado do que o outro. Na aula de ciências, os alunos devem aprender a maneira científica de compreender o conceito. Mas o valor pragmático da linguagem cotidiana vai preservar significados que estão em desacordo com a visão científica. Por exemplo, perguntar em uma loja por um "casaco de lã quente" é muito mais apropriado do que pedir "um casaco feito de um bom isolante térmico". Mas, se os alunos sabem que este calor da lã é de fato devido ao calor do nosso corpo, e a lã só isolá-lo do ambiente, eles vão mostrar uma consciência desse perfil, sendo capaz de desenhar em ideias cotidianas e científicas de calor de forma complementar (EL-HANI; SILVA-FILHO; MORTIMER, 2014, p. 36).

A partir do exemplo acima, para que ocorra a promoção da aprendizagem bem sucedida da visão científica de acordo com a abordagem dos perfis conceituais, é necessário promover nos estudantes uma tomada de consciência de que há uma diversidade de modos de pensar sobre o calor, mas eles não se mostram igualmente poderosos para resolver problemas que encontramos em nossas vidas e necessitam da mobilização de tal conceito. Um destes contextos é o contexto escolar. Imaginem que, assim que o estudante pede um casaco quente na loja, seu professor, que passava por ali, lhe pergunte se, de fato, o casaco possui a propriedade de ser quente, e o estudante responda que o "calor" da lã é, na verdade, a propriedade de a lã ser um isolante térmico, que dificulta a transferência de energia de nosso corpo para o ambiente. O estudante terá mostrado uma consciência da

heterogeneidade do pensamento sobre o calor e da demarcação entre os domínios de aplicação de diferentes significados atribuídos a este conceito, sendo capaz, assim, de usar ideias científicas e cotidianas sobre o calor de maneira complementar (EL-HANI, SCOTT; MORTIMER, 2009; 2012).

A teoria dos perfis conceituais destaca a necessidade de um diálogo entre significados científicos e cotidianos, a fim de desenvolver a compreensão conceitual na ciência, distinguindo claramente entre diferentes formas de conhecimento e os contextos em que eles podem ser mais bem aplicados, mas não de uma forma que modos não científicos de pensar e de significado são tratados como inferiores. Em vez disso, eles são reconhecidos como culturalmente adequadas para algumas, mas não todas as esferas da vida em que atuamos (MORTIMER *et al.*, 2014a).

A partir dessas considerações, sobre manifestação da heterogeneidade do pensamento, a abordagem dos perfis conceituais pode ser acusada de ser relativista, por considerar que, ainda que novas formas de atividade deem origem a novos tipos de pensamento, tipos mais antigos de pensamento são preservados e continuam a funcionar bem em seus contextos apropriados (Wertsch, 1991). El-Hani, Scott e Mortimer (2009; 2012); El-Hani, Silva-Filho e Mortimer (2014) consideram que não se trata, contudo, de uma visão relativista, mas de uma visão pragmatista objetiva, tal como proposta por Charles Peirce.

Os autores acima mencionados trazem que:

Os debates sobre o relativismo e sua contraparte, o racionalismo, dizem respeito principalmente à apreciação e escolha de teorias, mas são também relacionados ao problema da demarcação entre ciência e outras formas de conhecimento. Colocando o debate em termos extremos, um racionalista afirma que pode haver um critério único, atemporal e universal para avaliar os méritos relativos de teorias rivais, como, por exemplo, o critério popperiano de falseabilidade (Popper, 1975). Um relativista, por sua vez, nega a existência de um critério racionalista universal e ahistórico que possa orientar nossos juízos e decisões acerca de teorias. O que é melhor ou pior no que respeita às teorias científicas varia de indivíduo para indivíduo e/ou de comunidade para comunidade (El-Hani; Scott; Mortimer, 2012)

Aponta-se que o pragmatismo se aproxima do relativismo, quando um tema básico compartilhado por toda a tradição do pragmatismo é uma forte ênfase sobre a inserção (*embeddedness*) de toda e qualquer construção cognitiva humana nas práticas e nos discursos (EL-HANI; PIHLSTRÖM, 2002,

apud EL-HANI; SCOTT; MORTIMER, 2009). Entretanto, há também um distanciamento entre pragmatismo e relativismo que não pode ser negligenciado. Se enfocarmos, em particular, a preocupação epistêmica com o significado e a verdade, o pragmatismo filosófico pode ser caracterizado, em termos gerais, pela ideia de que a eficácia na aplicação prática oferece um critério ou padrão para a determinação da verdade dos enunciados. Assim, não se trata de que pragmatistas simplesmente rejeitem a noção da verdade como algum tipo de relação entre conhecimento e realidade; sua intenção é, antes, esclarecer o significado de tal relação mediante um apelo às ações, embora haja substancial variação entre os pragmatistas quanto ao modo de realizar tal esclarecimento.

A partir da ideia de que a utilidade é um critério central para os juízos sobre o conhecimento, El-Hani, Scott e Mortimer (2009) propõem que não se pode afirmar que vale tudo nos esforços de usar o conhecimento para decidir como agir em circunstâncias específicas, pois, afinal, há um número limitado de ideias e modos de pensar que podem ser bem sucedidos para lidar com qualquer problema dado. Ao distinguir entre os domínios de aplicação de distintos modos de pensar e dos significados associados a eles, a abordagem dos perfis conceituais se apoia nesta ideia de um valor pragmático de distintas formas de conhecimento para lidar com diferentes problemas. E neste sentido, apontam os autores acima, que esta abordagem não está comprometida com o relativismo, ou, ao menos, com relativismos do tipo “vale tudo”.

Para um pragmático, os compromissos ontológicos, pressupostos epistemológicos e corpos de conhecimento devem ser avaliados, total ou parcialmente, em termos de sua eficácia pragmática. Entretanto, se for considerado que um número limitado de ideias podem ser bem sucedidas em lidar com um determinado problema, é possível compreender que nunca é o caso de que vale tudo quando há o esforço para usar o conhecimento para decidir sobre como agir em circunstâncias específicas. É possível julgar a eficácia pragmática de ideias e conceitos diferentes para resolver os problemas concretos em determinadas circunstâncias. Assim, é possível se ter motivos para a escolha de que tipo de conhecimento, a teoria pode aceitar, por considerar criticamente e verificar as suas consequências para a prática. Isto é o que se quer dizer quando há referências ao poder pragmático de diferentes

zonas de um perfil. É neste sentido que a teoria perfil de conceitual não está comprometida com o relativismo, ou, pelo menos com formas radicais de relativismo "vale tudo" (EL-HANI; SILVA-FILHO; MORTIMER, 2014).

É importante destacar uma distinção importante no interior do pragmatismo, que é a distinção entre pragmatismo objetivo, que preserva um papel para a objetividade em seu tratamento da relação entre conhecimento e realidade, e pragmatismo subjetivo, que é formulado apenas em termos do que se mostra efetivo para a realização dos propósitos de uma dada pessoa ou grupo.

A abordagem dos perfis conceituais se afasta do subjetivismo ao enfatizar o papel da apreciação racional das escolhas de modos de pensar e agir, como se torna manifesto na proposta da tomada de consciência sobre a demarcação de modos de pensar e seus domínios de aplicação como um objetivo de aprendizagem. Torna-se possível, assim, a construção de uma dimensão crítica, a qual pode permitir que se vá além de juízos subjetivos sobre o que é útil para os propósitos de uma única pessoa ou grupo (EL-HANI, SCOTT; MORTIMER, 2009; 2012).

Por fim, esses autores acima citados, que no programa de perfis conceituais se debruçam em discutir sobre esse importante fundamento epistemológico na teoria dos perfis, admitem que ainda se pode argumentar que o pragmatismo não é, no fundo, muito diferente do relativismo. Contudo, pensam que a distinção central que querem traçar se afirma de modo seguro:

“Trata-se de distinguir entre relativismos do tipo “vale tudo” – como encontramos em algumas perspectivas multiculturais (ver discussão em El-Hani & Mortimer, 2007) – e as bases pragmatistas da abordagem dos perfis conceituais. Se alguém preferir chamar esta última posição de “relativismo”, não temos problema em relação a isso, desde que não se confunda este “relativismo” com aquele outro, o relativismo “vale tudo” (EL-HANI, SCOTT; MORTIMER, 2012, p. 122-123).

Nesse contexto, os autores tratam dessas bases epistemológicas da abordagem dos perfis, diferenciando o compromisso com o pragmatismo objetivo subjacente a ela de uma adesão ao relativismo, ao menos na forma de um relativismo “vale tudo”.

1.2. Referenciais metodológicos de construção de modelos de perfis conceituais

Dois distintos procedimentos metodológicos envolvem as pesquisas com perfis conceituais. O objetivo principal no primeiro caso é o de determinar as zonas que podem ser usadas para construir um modelo de perfil para um dado conceito. No segundo, uma vez que as zonas são determinadas e passam a constituir o modelo, algumas investigações podem ser realizadas sobre como os modos de pensar e formas de falar relacionados a essas zonas são distribuídos e evoluem em uma determinada população, em um determinado contexto (MORTIMER *et al.*, 2014b), e nas mais variadas investigações a respeito da aprendizagem conceitual.

Cada perfil conceitual modela a diversidade de modos de pensar ou de significação de um dado conceito, sendo constituído por várias “zonas”. Cada zona representa um modo particular de pensar ou atribuir significado a um conceito, e cada modo de pensar pode ser relacionado a um modo particular de falar. De acordo com Mortimer, Scott e El-Hani (2009), torna-se mais fácil compreender a natureza deste modelo da diversidade de modos de pensar quando consideramos alguns aspectos de sua metodologia de construção.

Nessa seção nos deteremos à abordagem dos referenciais metodológicos de construção dos perfis. Destaco que sobre esse aspecto Mortimer, Scott e El-Hani, (2009) e Mortimer e colaboradores (2014b), que consideram fundamental estar atento ao caráter da metodologia usada na construção de perfis, para que as investigações realizadas sejam de fato consideradas parte do programa de pesquisa a respeito de tais modelos.

De acordo com Mortimer e colaboradores (2014b), o princípio metodológico que orienta pesquisas para identificar possíveis zonas na construção de um modelo de conceitual de perfil específico deve considerar o que propõe Vygotsky, de que só é possível ter uma visão completa da gênese de um conceito quando esse é estudado nos diferentes domínios genéticos (Wertsch, 1985).

A metodologia para a construção de perfis conceituais pressupõe um diálogo entre os diferentes domínios genéticos (sociocultural, ontogenético e microgenético) e entre informações teóricas e resultados empíricos, como, por exemplo, os fornecidos por meio de questionários e entrevistas. Pode haver

uma influência mútua entre as fontes utilizadas, o que é coerente com a ideia de trabalhar com diferentes domínios genéticos. A necessidade de trabalhar com estes diferentes domínios é reforçada, além disso, quando se considera o modo pelo qual as zonas de um perfil conceitual são identificadas (MORTIMER *et al.*, 2014b).

Na abordagem da teoria de perfil conceitual, cada modo de pensar é modelado como uma zona, que é estabilizada por compromissos ontológicos, epistemológicos e axiológicos. É importante considerar que a investigação de compromissos axiológicos é uma adição recente ao programa de investigação (ver Mattos, 2014), que não foi incorporada, em grande medida, na maioria dos estudos empíricos.

Para identificar esses compromissos, é necessário colocar as fontes que pertencem aos diferentes domínios em diálogo. Entre as fontes que podem ser usadas, estão: (1) fontes secundárias sobre a história da ciência e análises epistemológicas sobre o conceito em estudo, que são particularmente instrumentais na compreensão da produção de significados no domínio sociocultural e no estabelecimento de compromissos ontológicos e epistemológicos que norteiam os processos de significação de um conceito; (2) trabalhos sobre concepções alternativas de estudantes, que são úteis para compreender a significação dos conceitos no domínio ontogenético; e (3) dados colhidos através de entrevistas, questionários e filmagens de interações discursivas numa variedade de contextos de produção de significados, particularmente em situações educacionais, que dão acesso aos domínios ontogenético e microgenético (MORTIMER *et al.*, 2014b).

No segundo capítulo estarão detalhadas considerações sobre a metodologia usada na construção de perfis que é recomendada para que as investigações realizadas sejam de fato consideradas parte do programa de pesquisa a respeito de tais modelos, bem como a estrutura metodológica usada para a construção do perfil aqui proposto.

De acordo com El-Hani e Mortimer (2011), torna-se mais fácil compreender a natureza dos perfis como modelos da diversidade de modos de pensar e falar quando consideramos alguns aspectos de sua metodologia de construção. A partir deste ponto serão mostradas algumas das estratégias metodológicas que já foram usadas para determinar zonas de alguns modelos.

Como anteriormente mencionado, no início do desenvolvimento do programa de pesquisa sobre perfis conceituais, o perfil epistemológico de massa proposto por Bachelard (1984) forneceu um sistema filosófico adequado para identificar compromissos epistemológicos e ontológicos que sustentam as formas de pensar, ou os hábitos de pensamento, envolvidos na gênese de conceitos centrais da física e da química, como os conceitos de molécula (MORTIMER, 1997), de calor (AMARAL; MORTIMER, 2001) e de espontaneidade e entropia (AMARAL, 2004). Entretanto o mesmo não aconteceu com conceitos relativos a outras áreas de conhecimento, para os quais, posteriormente, foram propostos perfis, como no caso, por exemplo, de conceitos pertinentes a outros campos das ciências naturais, como a biologia, a química e afísica. Por conta do conceito de herança também pertencer à área de ciências biológicas, nos deteremos a abordar as metodologias usadas para a construção dos perfis de vida, morte e adaptação.

Coutinho (2005) ao propor a construção do perfil de vida, o fez por meio de um jogo dialógico entre estudos teóricos e empíricos, no qual utilizou uma variedade de fontes de dados e buscou cobrir pelo menos três domínios genéticos: o domínio sociocultural, por meio de uma revisão bibliográfica sobre o conceito de vida e sua história; o ontogenético, por meio da compilação de estudos sobre concepções alternativas de estudantes sobre o conceito de vida; e o microgenético, através da coleta de dados empíricos por meio de questionários, aplicados a alunos de graduação em Ciências Biológicas, e entrevistas semi-estruturadas, baseadas em situações-problema, com alunos de pós-graduações em Ecologia e Genética. De posse dos dados, a análise dos questionários, em seu jogo dialógico com a revisão da literatura sobre o conceito de vida e a análise dos livros didáticos, levou inicialmente, à elaboração de sete categorias, que poderiam corresponder a sete zonas do perfil do conceito biológico de vida e as chamou de “categorias expandidas”. As categorias expandidas foram submetidas a uma nova análise, que mostrou que elas podiam ser reduzidas a três zonas básicas que os respondentes usavam ao explicitar suas compreensões da vida. Essas zonas foram chamadas de “categorias reduzidas”: externalismo, internalismo e relacional. Em síntese, na construção de um modelo de perfil conceitual de vida, Coutinho (2005) introduziu um procedimento metodológico que é útil na construção de perfis,

nomeadamente, a proposta inicial de categorias expandidas, que são posteriormente fundidas para obter as zonas do perfil.

Como contribuição metodológica à construção dos modelos de perfis, Coutinho (2005) traz no seu trabalho a construção de uma relação dialógica entre os dados advindos de diferentes fontes e também busca modos de expressão recorrentes nas respostas a questionários como um dos procedimentos, fazendo assim a caracterização das formas de falar.

Nicoli (2009) na construção do perfil conceitual de morte, também a fez por meio de um jogo dialógico entre estudos teóricos e empíricos, no qual utilizou uma variedade de fontes de dados, considerando dois domínios genéticos: o sociocultural e o microgenético. Para identificar a diversidade de ideias sobre Morte e o maior número possível de zonas para o conceito foram aplicados questionários a acadêmicos de quatro Cursos, dois das áreas Biológicas e Saúde (Ciências Biológicas e Medicina) e dois cursos das áreas de Humanas (Ciências Sociais e Pedagogia) e a alunos de duas sétimas séries do Ensino Fundamental de uma Escola Pública. O perfil construído é composto por três zonas: naturalista, religiosa e existencialismo.

Nicoli (2009) identificou modos de falar típicos das três zonas de seu modelo de perfil conceitual e propõe que para compor a gênese sociocultural de um conceito em alguns casos, é preciso também recorrer a informações relativas ao tratamento que é dado ao conceito, dada a sua peculiaridade, em diferentes campos do conhecimento, incluindo aqueles externos à área de conhecimento para a qual estamos considerando o conceito como central e organizador.

Sepulveda (2010; 2013) se propôs a dar continuidade às investigações iniciadas por Mortimer e Amaral (MORTIMER, 2001; AMARAL, 2004; AMARAL; MORTIMER, 2006) acerca do potencial heurístico do perfil conceitual para uma análise do discurso em sala de aula, de modo a permitir a compreensão da produção de significados, em termos das relações entre formas de pensar e modos de falar. Para cumprir seu objetivo, estruturou seu desenho metodológico em três etapas: (1) a constituição das zonas de um modelo inicial de perfil conceitual para adaptação; (2) a aplicação deste modelo inicial à análise discursiva de episódios de ensino; (3) aperfeiçoamento do modelo inicialmente proposto através da caracterização enunciativa das zonas.

Para a construção de um perfil conceitual de adaptação, Sepulveda (2010) se baseou nas seguintes fontes: (1) informações extraídas de fontes secundárias sobre a história da biologia e de tratamentos epistemológicos do conceito; (2) informações obtidas na literatura sobre concepções de alunos acerca dos conceitos de adaptação e seleção natural; (3) dados empíricos coletados através de entrevistas com alunos do Ensino Médio e questionários aplicados a alunos do Ensino Superior de Ciências Biológicas; e (4) dados de interações discursivas em salas de aula do Ensino Médio de biologia e de um curso de graduação em ciências biológicas.

O exame do conjunto de dados foi realizado de modo dialógico, e não sequencial, no sentido de que os dados referentes a cada domínio genético foram a todo tempo articulados com os demais. As informações obtidas por meio deste exame foram organizadas através de um instrumento que foi designado de “matriz epistemológica”, na qual foram dispostos temas epistemológicos a partir dos quais o conceito de adaptação pode ser significado e, para cada um deles, foi identificado um conjunto de compromissos ontológicos e epistemológicos que estruturam a interpretação desse conceito. As zonas do modelo de perfil conceitual de adaptação foram constituídas a partir de uma combinação de diferentes compromissos ontológicos e epistemológicos, referentes a cada um dos temas epistemológicos dispostos na matriz e são quatro: funcionalismo intra-orgânico; ajuste providencial; perspectiva transformacional; perspectiva variacional.

Sepulveda (2010), com essa proposição da construção de uma matriz epistemológica, dá um passo metodológico importante no sentido de organizar a polissemia em torno do conceito investigado, de modo a gerar categorias das quais serão derivadas as zonas de um perfil. Além da matriz, faz a proposição de que dados advindos da análise do discurso da sala de aula podem ser incorporados ao processo de construção de perfis conceituais, uma vez que permitem a caracterização dos modos de falar típicos de cada uma das zonas, descritos em termos de linguagens sociais empregadas, e formas típicas de enunciados produzidos, na significação do conceito.

A descrição dos desenhos metodológicos que foram traçados para a construção de perfis na área de ciências biológicas permite concluir que, à medida que foram sendo construídos, novas fontes e instrumentos foram sendo

adicionados às metodologias, o que pode em certa medida estar relacionado à peculiaridades do conceito.

Aqui no nosso trabalho adotamos a proposta metodológica de Sepulveda (2010) para a construção do perfil conceitual de herança biológica. A ferramenta teórico-metodológica, “matriz epistemológica”, proposta pela autora se constitui numa inovação e apresenta uma característica poderosa no seu propósito, que é organizar a polissemia.

CAPÍTULO II – O percurso metodológico de construção de um modelo de perfil conceitual de herança biológica

À medida que foram sendo construídos perfis conceituais para conceitos de diferentes campos do conhecimento, esses modelos foram sendo empregados em estudos com objetivos de pesquisa distintos na esfera do ensino e da aprendizagem, ampliando, assim, a aplicação da teoria em perfis conceituais. Inicialmente o perfil foi usado como instrumento que fornece uma descrição organizada e estruturada de ideias a respeito dos conceitos. Neste caso, foram construídos modelos estabilizados por diferentes zonas, como por exemplo: átomo e estados físicos da matéria (MORTIMER, 1995; 2000), molécula (MORTIMER, 1997), calor (AMARAL; MORTIMER, 2001), vida (COUTINHO, 2005; COUTINHO; MORTIMER; EL-HANI, 2007), força (RADÉ, 2005), morte (NICOLI, 2009; NICOLI; MORTIMER, 2009), adaptação (SEPULVEDA, 2010; SEPULVEDA; MORTIMER; EL-HANI, 2013); substância (SILVA; AMARAL, 2013), equação (RIBEIRO, 2013).

Posteriormente novas investigações foram propostas, a fim de pesquisar as variadas aplicações do perfil em objetivos de pesquisa no ensino de ciências, como por exemplo: analisar o processo de aprendizagem em sala de aula (MORTIMER, 1994; 2000; AMARAL, 2004; SEPULVEDA, 2010); analisar a evolução das zonas de um perfil em uma população específica (SILVA 2006; MATTOS *et al.*, 2007); investigar a evolução conceitual de estudantes quando usadas estratégias de ensino estruturadas em sequências didáticas ou propostas curriculares (MORTIMER, 1994; 2000; REIS; EL-HANI; SEPULVEDA, 2010) e em comunidades situadas (ARAÚJO, 2014). Estas estratégias foram abordadas com mais detalhes no capítulo 1.

Nesse capítulo serão feitas algumas considerações que envolvem os procedimentos metodológicos nas pesquisas em perfis conceituais. Especificamente será feito um breve apanhado, já que está detalhado na segunda seção do capítulo 1, dos princípios que orientam pesquisas realizadas para identificar possíveis zonas para a construção de um modelo de perfil conceitual específico. Em seguida, será apresentada a descrição detalhada do desenho metodológico adotado nesta pesquisa, incluindo uma exposição das fontes de dados examinadas, bem como da natureza dos dados empíricos.

2.1. Considerações gerais sobre a metodologia de construção de perfis conceituais

Para a construção de modelos de perfis conceituais, diferentes zonas devem ser identificadas e caracterizadas, de modo que possam representar distintos modos de pensar um determinado conceito científico (MORTIMER; EL-HANI, 2014).

Tomando como fundamental o princípio metodológico que orienta pesquisas realizadas para identificar possíveis zonas para a construção de um modelo de perfil conceitual específico, a máxima vigotskiana de que só é possível ter uma visão completa da gênese de um conceito se examiná-lo em diferentes domínios genéticos, Wertsch (1985) discute que Vygotsky argumentava que o funcionamento das funções mentais humanas só pode ser propriamente compreendido a partir do exame de seu desenvolvimento nestes distintos domínios: sociocultural, ontogenético, microgenético e filogenético. Vale destacar, ainda, que em seu método, Vygotsky enfatizou o processo mais do que o produto do desenvolvimento no qual as formas superiores são estabelecidas.

Na construção de perfis, os primeiros três domínios devem ser levados em conta. O domínio filogenético não é contemplado nesse processo de construção, pois diz respeito à filogênese, ou seja, à história evolutiva da espécie, às mudanças na estrutura orgânica, em especial do cérebro, que provém limites e possibilidades para o desenvolvimento humano e para Vygotsky este processo segue os princípios darwinianos da evolução (WERTSCH, 1985)

Destaco que, embora exista uma variedade de situações de pesquisa em que o perfil pode ser aplicado, bem como desenhos metodológicos de construção a partir dos quais investigações produzem seus resultados, existem princípios metodológicos que foram consolidados e que permitem identificar as pesquisas que são enquadradas no programa de perfis conceituais (MORTIMER *et al*, 2014b). O princípio acima referido, que considera o exame de dados nos três domínios genéticos, que analisa uma diversidade tanto de significados atribuídos a um conceito, quanto de contextos de produção destes significados tem sido o mais frequentemente ressaltado na literatura (AMARAL;

MORTIMER, 2006; MORTIMER; SCOTT; EI-HANI, 2009; SEPULVEDA, 2010; 2013).

Em relação ao domínio sociocultural, são levantadas principalmente informações sobre a gênese de um conceito no domínio da história, isto é, como a sua compreensão evoluiu ao longo da história da humanidade. Mortimer e colaboradores (2014b) destacam que a finalidade do estudo histórico é contribuir para a compreensão da gênese de um conceito, neste domínio genético, de modo a permitir relacioná-lo com os outros domínios e fornecer uma visão mais ampla dos processos genéticos que estão em jogo. Propõem, ainda, que de certa forma, os estudos históricos iluminam as possíveis trajetórias seguidas na construção da compreensão de um conceito, sendo importante para descrever as mudanças que ocorreram ao longo da história de sua construção e as dificuldades enfrentadas em sua gênese histórica. A proposta não é elaborar uma pesquisa histórica, não é estudar a evolução dos conceitos nos principais documentos históricos, nas fontes primárias, mas em fontes secundárias sobre a história da ciência e em textos epistemológicos. Ainda como parte deste domínio, os estudos epistemológicos, por sua vez, ajudam a entender os vários componentes envolvidos no significado de um conceito, em particular, quando eles fornecem análises filosóficas.

O domínio ontogenético diz respeito à história do desenvolvimento cognitivo do indivíduo e assim, devemos buscar estudos que nos informem sobre como este conceito é aprendido e como evolui ao longo da história de cada sujeito. Para isso lança-se mão da literatura de concepções informais ou alternativas de estudantes, abordados na literatura de educação científica, que podem ser representativos dos processos ontogenéticos de construção do conhecimento na vida cotidiana. Essa literatura também dá acesso às ideias frequentemente utilizadas pelos alunos em vários contextos, fornecendo elementos importantes para a proposição de estratégias de ensino sobre o conceito pesquisado. Mortimer e colaboradores (2014b) enfatizam que, ainda de acordo com Wertsch (1985), a investigação de concepções informais dos alunos por meio de questionários e entrevistas revela também dados relacionados à gênese de um conceito, que é característica do domínio microgenético (WERTSCH; STONE, 1985). Na nossa pesquisa, foi possível o

contato com uma vasta literatura dessa natureza, pois o ensino de genética sempre foi um dos tópicos bem investigados pelos pesquisadores da área de ensino de biologia, dado a sua importância e alto grau de dificuldade de aprendizagem relatada.

Devemos associar esses estudos nos dois domínios bem mapeados, acima citados, com um terceiro domínio, o microgenético, que, na perspectiva vygotskiana, envolve o estudo detalhado de um determinado processo, configurando sua gênese social e as transformações do curso de eventos. Refere-se aos processos de microgênese de um modo de significar e pensar um conceito. Segundo Wertsch (1985), a análise microgenética consiste de poucas sessões interativas, planejadas com o acompanhamento detalhado da formação de um processo, que terá as ações dos sujeitos e as relações interpessoais minuciosamente analisadas. Nestas análises é possível a identificação de transições genéticas, ou seja, de transformações que se dão nas ações e da passagem do pensamento interpsicológico para o intrapsicológico. Estes processos ocorrem em situações de interação e de expressão de ideias, geralmente em um intervalo de tempo curto e circunstâncias específicas, como, por exemplo, em salas de aula, entrevistas e respostas dadas aos questionários. Mortimer e colaboradores (2014b) destacam que:

Os dados obtidos através da análise de livros didáticos e episódios de interação discursiva em sala de aula fornecem informações importantes sobre a ontogênese e microgênese de conceitos. Na análise de livros de texto, também é possível, em alguns casos, ter acesso à informação sobre a origem sociocultural de um conceito (p. 68).

Para a determinação das zonas de um perfil, a metodologia pressupõe um diálogo entre os diferentes domínios genéticos, promovendo, assim, uma combinação de informações teóricas e resultados empíricos, como, por exemplo, os fornecidos por meio de questionários, entrevistas, interações discursivas.

De acordo com Mortimer e colaboradores (2014b) pode haver uma influência mútua entre as fontes utilizadas, o que é coerente com a ideia de trabalhar com diferentes domínios, e, além disso, a necessidade de trabalhar com estes domínios é reforçada, quando se considera o modo pelo qual as zonas de um perfil conceitual são identificadas.

As zonas de um perfil são individualizadas por compromissos ontológicos, epistemológicos e axiológicos. Para identificar esses compromissos, é necessário colocar em diálogo a literatura secundária sobre a história da ciência, literatura epistemológica, a literatura sobre concepções alternativas, e os dados empíricos obtidos a partir de questionários, entrevistas, análise de livros didáticos, e análise de episódios de interação discursiva na sala de aula.

Estes autores advertem que não se pode postular uma hierarquia entre os domínios genéticos. Propõem que duas estratégias diferentes podem ser usadas para tratamento dos dados primários, com riscos diferentes:

...Na primeira, analisamos dados primários, inicialmente de uma forma indutiva, em parte, decorrente de suas categorias de análise com um contato relativamente menor com o histórico, literatura epistemológica e alternativa. Isso evita analisar esses dados, principalmente com base em categorias a partir desta literatura. No entanto, o risco evidente deste tipo de estratégia é chegar a uma classificação muito pobre de dados empíricos, o que tornará muito difícil para o diálogo depois com fontes históricas, filosóficas e concepções alternativas. Afinal, não se pode parar neste ponto da análise, porque as zonas de um perfil não correspondem a essas categorias [...] O segundo tipo de estratégia utilizada para construir modelos de perfil conceitual começa com as fontes históricas, filosóficas e concepções alternativas para desta forma inferir as zonas e, mais tarde, as categorias de respostas que as caracterizam e que serão procuradas no material empírico. Nesta estratégia, há o risco de se elaborar um quadro teórico bem articulado, mas que não leva em conta os dados empíricos, porque podem ser muito mais ricos do que a articulação alcançada para esse quadro. Outro problema é a possibilidade de um desvio excessivo na interpretação dos dados primários (MORTIMER *et al*, 2014b, p. 69-70)

É importante que nas duas estratégias metodológicas utilizadas, acima mencionadas, haja o esforço para reduzir os riscos descritos, procurando colocar os dados obtidos a partir de diferentes domínios genéticos em diálogo constante. Apesar dos diferentes procedimentos e dos riscos que caracterizam cada estratégia, é importante ter em conta que elas não são excludentes e podem ser usadas para construir o mesmo perfil conceitual. Os autores advertem que esta ordenação ocorre por razões puramente metodológicas e não reflete suposições sobre uma hierarquia dos domínios. É a união de todos os domínios que torna a metodologia rica, e não uma suposta hierarquia entre eles.

Sepulveda (2010) destaca que:

[...] as fontes referentes à história do desenvolvimento do conceito e as revisões epistemológicas a seu respeito, assim como os dados da literatura sobre concepções alternativas, fornecem um grande suporte para a formulação de hipóteses pelo pesquisador a respeito dos compromissos epistemológicos e ontológicos que estabilizam e estruturam as diferentes formas de pensar o conceito. No entanto, estas hipóteses precisam ser constantemente reformuladas, à medida que são considerados os dados empíricos referentes a entrevistas, questionários e registros de interações discursivas em sala de aula. O diálogo com estes dados permite testar o quanto as categorias formuladas a partir da literatura mencionada acima, seja ela referente à história e filosofia das ciências ou às concepções alternativas de estudantes, são de fato encontradas nos enunciados produzidos por pessoas de diferentes universos culturais, em situações reais de comunicação e interação social (p. 60).

O conjunto de dados mencionado deve ser examinado de modo a serem identificados os compromissos ontológicos, epistemológicos e axiológicos que estabilizam modos de pensar e formas de falar sobre os conceitos e desta forma, possibilitam individualizar zonas de um perfil (MORTIMER; SCOTT; EL-HANI, 2009; MORTIMER *et al.*, 2014b). Esta perspectiva dialógica acerca da relação entre os dados referentes aos diferentes domínios genéticos da formação do conceito se encontra fundamentada na abordagem de Vygotsky à investigação do desenvolvimento das funções mentais humanas (SEPULVEDA, 2010).

2.2. As fontes de dados examinadas, a natureza dos dados empíricos coletados e o desenho metodológico da construção de um perfil de herança biológica.

Para propor um perfil para o conceito de herança biológica, investimos na metodologia que vem sendo desenvolvida em trabalhos sobre proposição de perfis conceituais e que foi abordada na primeira seção deste capítulo (MORTIMER, 2000; AMARAL; MORTIMER, 2001; AMARAL; MORTIMER, 2004; COUTINHO, 2005; SEPULVEDA, 2013; SEPULVEDA; MORTIMER; EL-HANI, 2007; 2013 entre outros). Especificamente, tomamos o trabalho de SEPULVEDA (2010; 2013) como o principal referencial metodológico dado a relevância em termos dos diferentes contextos (fontes) consultados e pelo importante investimento na construção de uma ferramenta metodológica, a

“matriz epistemológica”, também construída em nosso trabalho, em que mapeamos os aspectos epistemológicos, ontológicos e axiológicos envolvidos na significação do conceito de herança biológica. Trataremos mais detalhadamente a matriz no capítulo 5.

Para a construção do nosso modelo, buscamos dados das seguintes fontes: (1) informações extraídas de fontes secundárias sobre a história da biologia e de tratamentos epistemológicos do conceito de herança; (2) dados derivados da literatura sobre concepções alternativas acerca dos conceitos relacionados ao fenômeno da herança biológica, especificamente a literatura em ensino de genética; (3) dados empíricos coletados através de entrevistas e grupo focal com alunos do Ensino Médio; (4) dados procedentes de questionário aplicado a alunos do Ensino Superior de Ciências Biológicas; (5) e dados oriundos de interações discursivas em salas de aula no contexto do Ensino Médio de genética. A seguir será detalhada cada uma dessas fontes de dados e seus contextos:

(1) Informações extraídas de fontes secundárias sobre a história da biologia e de tratamentos epistemológicos do conceito de herança. Alguns períodos da história da ciência são considerados fundamentais para o entendimento de como as variadas formas de pensar o conceito de herança biológica se desenvolveu e foram destacados a partir de análises epistemológicas do conceito: a) as ideias de herança na Antiguidade e os fluidos corporais; b) o debate entre pré-formação e epigênese; c) a herança particulada; d) o conceito de gene e o genocentrismo; e) a epigenética e os sistemas de herança. A intenção com esses dados não é apresentar uma revisão de literatura exaustiva, cronológica, mas uma narrativa construída com base em alguns momentos e ideias relevantes do desenvolvimento do conceito nos períodos históricos acima elencados, que foram importantes na composição da matriz que evidencia a polissemia do conceito.

(2) A literatura em concepções alternativas e mudança conceitual constituem importante fonte de dados para o estudo da gênese de um conceito científico no domínio ontogenético e é a partir da análise dessa literatura que é possível investigar, por exemplo, como as ideias sobre determinado conceito evoluem ao longo da história dos sujeitos individuais, e no caso do presente contexto, como se dá a construção do conceito de herança biológica neste

domínio. Esta é uma literatura ampla, que foi produzida no âmbito do movimento das concepções alternativas, com estudos pioneiros a partir da década de 1980 e nos fornece informações importantes, pois a investigação se dá em diferentes idades e contextos.

(3) Sobre os dados empíricos, para essa pesquisa foi feito um grande investimento em termos da diversidade de contextos: a) entrevistas; b) questionários; c) grupo focal e d) dados de sala de aula. Serão feitas a seguir considerações sobre cada um desses contextos:

a) Entrevistas - Foram entrevistados seis estudantes de uma Escola Pública Estadual no Município de Feira de Santana, BA, do Ensino Médio, no final do ano letivo, em dezembro de 2015. Destes, dois cursavam a 1ª série, dois a 2ª série e dois deles a 3ª série, portanto, estes últimos, concluintes dessa etapa final da Educação Básica.

Foi feito um contato prévio com alguns professores, apresentada a proposta de pesquisa e solicitado a eles que indicassem alguns estudantes para serem entrevistados, que foram selecionados sem nenhum critério proposto pela pesquisadora. A modalidade da entrevista foi semi-estruturada, e um ano antes da realização, foi feita uma entrevista piloto com um aluno concluinte do Ensino Médio, em dezembro de 2014, com o objetivo de testar o roteiro proposto, bem como minha performance como entrevistadora (ver roteiro final da entrevista no apêndice C) Ao final da realização e transcrição da entrevista piloto, alguns ajustes e adequações foram feitas ao roteiro, e ainda assim, esta entrevista serviu também de importante fonte de informação para a pesquisa. No ano seguinte, as entrevistas foram realizadas na própria escola, em local reservado e em turno oposto ao de estudo dos estudantes, e foram feitas filmagens. Cada entrevista teve em média 100 minutos de duração.

b) Dados de sala de aula - foram coletados em dois momentos, nos anos de 2014 e 2015, e sua obtenção envolveu duas professoras de biologia do Ensino Médio de duas Escolas Públicas do Município de Feira de Santana, BA, ambas as escolas pertencentes à rede estadual de educação. As professoras participantes da pesquisa são graduadas em licenciatura plena em Ciências Biológicas e atuam como professoras de Biologia na rede pública há mais de 15 anos. Uma delas além de professora da Educação

Básica trabalha como bióloga, analista, na Universidade Estadual de Feira de Santana, e a outra tem regime de 40 horas semanais na mesma escola.

As classes envolvidas eram da terceira série do Ensino Médio regular, etapa em que é trabalhado o conteúdo de genética nas duas escolas e funcionavam no turno vespertino. As turmas tinham em média 40 alunos em cada e a faixa etária dos estudantes variava de 15 a 18 anos. Vale destacar que as professoras que foram convidadas a participar da pesquisa fazem parte, do Grupo Colaborativo de Pesquisa em Ensino de Ciências (GCPEC-UEFS), e mantêm este processo de colaboração ativa, entre professores pesquisadores de instituições de ensino superior, professores-investigadores da Educação Básica e alunos de graduação e pós-graduação, do qual faço parte. Considero que o fato das professoras serem professoras-investigadoras e pertencerem ao nosso grupo de pesquisa, facilitou esta fase de coleta dos dados de sala de aula, pois essa questão implica, em abrir a sala de aula, em pesquisar o que está ocorrendo lá dentro, e infelizmente em poucos momentos conseguimos essa disponibilidade por professores na Educação Básica.

Ao aceitarem participar da pesquisa, as professoras iniciaram um processo de interação com a pesquisadora para que fossem esclarecidas informações referentes ao calendário e conteúdo programático das suas disciplinas, bem como informações sobre as turmas que seriam envolvidas na pesquisa. Após essas decisões, foi apresentada pela pesquisadora uma proposta de sequência de aula, com um conjunto de questões e cenários sobre herança biológica para que fossem desenvolvidos nas aulas antes de iniciar o conteúdo de genética (ver a sequência no apêndice F). Alguns encontros com as professoras antecederam as aulas para que elas se familiarizassem com a proposta, bem como sugerissem modificações. Quatro turmas participaram, e esse processo teve início em abril de 2014, momento em que as duas professoras, nas diferentes escolas, começariam a trabalhar o conteúdo de genética. As aulas foram filmadas pela pesquisadora e cada uma teve duração média de 50 minutos, totalizando quatro aulas. Ao final dessa coleta de dados alguns ajustes foram feitos no roteiro proposto com o objetivo de diversificar os cenários que tinham sido desenvolvidos, já que uma das professoras se interessou pela proposta e gostaria de aplicar novamente no ano seguinte, o

que aconteceu em abril de 2015, com uma turma do turno vespertino de uma das escolas.

Segundo Amaral e Mortimer (2006), sobre a análise de dados de interações discursivas em sala de aula:

É importante destacar que, no processo de análise, esses dados são tratados sob duas perspectivas: na primeira, as ideias que emergiram na sala de aula são consideradas para a caracterização das zonas do perfil e orientam a forma de abordar as concepções presentes no contexto histórico e na literatura em educação em ciências. Na segunda perspectiva, eles são tratados como elementos constitutivos do discurso produzido no contexto de sala de aula, sendo analisados por uma ferramenta metodológica (MORTIMER; SCOTT, 2002, 2003) que caracteriza distintos aspectos discursivos (p. 244).

No nosso caso, os dados foram analisados levando em conta a primeira perspectiva acima destacada por Amaral e Mortimer (2006), ou seja, considerados para a caracterização das zonas.

c) Questionários - Foram obtidos 22 questionários respondidos por estudantes que estavam cursando o terceiro semestre de licenciatura em Ciências Biológicas na Universidade Estadual de Feira de Santana, Ba. No momento em que foi feito o convite para que respondessem o questionário, estavam em processo de conclusão da disciplina Genética Básica e foi no contexto dessa disciplina que a professora responsável aceitou que fosse aplicado o questionário.

Os questionários foram elaborados com base nos cenários e ilustrações apresentados na entrevista, adaptados para uma versão impressa e explorando os cenários através de questões abertas e de múltipla escolha e também o uso de algumas expressões, descritas em detalhes no tópico referente aos instrumentos (ver apêndice D).

d) Grupo focal – Esta estratégia foi conduzida com dez estudantes que pertenciam a três turmas distintas da segunda série do Ensino Médio, turno matutino, no final do ano letivo, em dezembro de 2016, das quais eu era professora da disciplina biologia. Estes foram convidados por mim e os primeiros a se interessarem foram selecionados. É oportuno destacar que os dados provenientes de grupo focal constituem uma novidade metodológica na construção dos perfis conceituais, apresentando um caráter promissor, por permitirem uma interação entre participantes e pesquisadores a partir da

discussão com foco no conceito em si mesmo e em fenômenos que o envolvem. A decisão de incorporar esta fonte de dados surgiu do reconhecimento de uma peculiaridade do conceito de herança, a de ter sua significação fortemente influenciada pela dimensão axiológica, que será abordada no capítulo 4, a qual pode ser acessada, por exemplo, em grupos focais, uma vez que, como apontam Ressel e colaboradores (2008), oportunizam a interpretação de crenças, valores, confrontos e pontos de vista.

Nesse sentido, apostamos que a dinâmica estabelecida na metodologia do grupo focal, somado à descrição de um contexto constituído, poderia, por exemplo, permitir que fossem detectados aspectos que se inserem na dimensão axiológica, e nesse caso, as perguntas feitas e os cenários e expressões apresentadas aos entrevistados poderiam levá-los a emitir narrativas que levem em conta esses aspectos.

Consideramos esta amostragem de dados acima mencionada suficiente para identificarmos a heterogeneidade de modos de pensar e formas de falar o conceito de herança biológica nestes quatro contextos socioculturais de produção do discurso que foram promovidos no contexto escolar.

A maioria dos cenários, questões e expressões usados nos instrumentos construídos para os diferentes contextos acima mencionados se repetem, pois a intenção foi justamente perceber estes elementos nos diferentes contextos abordados.

Instrumentos de coleta de dados

Todos os instrumentos construídos para a coleta de dados tiveram como o primeiro questionamento a indagação – “O que é herança biológica para você?” - de natureza aberta, no sentido de que tem por objetivo suscitar uma diversidade significativa de respostas, de modo a promover, provavelmente, o surgimento de diferentes formas de falar sobre herança.

Os roteiros de entrevista, do grupo focal, assim como os questionários, e a sequência de aulas foram elaborados com base em cenários³ e questões que se referem ao fenômeno de herança, encontrados principalmente na literatura

³ Os cenários de caso são situações criadas em que é levado em conta a realidade para fins de pesquisa. Eles são úteis e no caso de genética humana, ajudam a identificar as crenças que os alunos trazem para sala de aula (ver exemplos também em Coleman, 1989; Ogunninyi, 1987; Jegede; Okebukola, 1991)

de concepções alternativas. Alguns cenários foram retirados dessa literatura (SOLOMON *et al.*, 1996; CALAZANS; CRUZ; TEIXEIRA, 2003; VENNVILLE; GRIBBLE; DONOVAN, 2005; SANTOS; BIZZO, 2005; SANTOS 2005), e outros foram criados e/ou modificados, inspirados também nessa literatura e em fatos narrados na história do conceito.

Como mencionado acima sobre a forte relação do conceito com a dimensão axiológica, decidimos incorporar aos instrumentos (roteiro de entrevistas, questionários, roteiro do grupo focal e roteiros de aula), guiados pela metodologia desenvolvida por Cobern (2000) *apud* Sepulveda (2003), o uso de “ferramentas de provocação de conversação”, que consiste em uma modificação da técnica de entrevista qualitativa do tipo semi-estruturada. Estas ferramentas de provocação incentivam o entrevistado a “pensar em voz alta” e conversar sobre o tema. Além deste aspecto, as ferramentas de provocação sugerem muitas direções possíveis para a conversa, dando a oportunidade ao entrevistado de escolher a direção mais consistente com seu próprio pensamento e em nossa coleta de dados foi solicitado que o estudante manifestasse sua opinião concordando ou discordando com as expressões e também apresentando uma justificativa (ver expressões nos roteiros nos apêndices C, D e E).

Especificamente para o contexto de investigação do conceito de herança, foram incorporadas aos instrumentos algumas expressões que se referem a crenças cotidianas envolvendo o conceito. Esta lista de crenças foi obtida do livro de SANTOS (2005), que trouxe da literatura, crenças presentes na cultura ocidental, encontradas no trabalho de Hodson (1992) *apud* SANTOS (2005), que as descreve como “devastating misunderstanding”, e em Turney (1995), que acrescenta mais algumas à lista, revendo antigas obras como “The Science of life”, publicado por Wells, Wells e Huxley (1930) e “Heredity”, escrito por Thompson (1908) *apud* SANTOS (2005). Além dessa lista, outras expressões conhecidas e presentes na nossa cultura foram incluídas.

Com os cenários e expressões, tínhamos uma expectativa que os entrevistados, bem como os estudantes durante as aulas e o grupo focal, tivessem a oportunidade de expressar os modos de pensar e formas de falar que poderiam ajudar na individualização das zonas de um perfil conceitual de

herança, argumentando e se posicionando a favor ou contra as concepções indicadas nesses contextos.

Aspectos éticos da pesquisa

A coleta de dados dessa pesquisa só teve início após o projeto ter sido submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Feira de Santana, CEP-UEFS, sob parecer número 726.374, que informa que a presente pesquisa satisfaz às exigências da Resolução 466/12, que institui diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. Assim, todos os instrumentos de coleta de dados (questionário, roteiro de entrevista, roteiro de grupo focal e sequência de aulas) foram examinados e seu uso autorizado, estando dentro dos padrões considerados para as pesquisas preconizados pelo comitê, bem como os termos de consentimento livre e esclarecido e o termo de assentimento (documento que o menor autoriza sua participação, mesmo o responsável já tendo autorizado). Estes documentos fazem parte dos apêndices A e B.

Todos os participantes deram consentimento informado por escrito antes de responder ao questionário, ser entrevistado, participar do grupo focal, bem como participar das aulas que foram filmadas. Boa parte dos participantes da pesquisa era menor de idade, e levaram os termos para que os responsáveis legais autorizassem. Assim, todos os participantes e/ou responsáveis assinaram dois formulários, sendo um deles mantido pelo participante e o outro arquivado pelo pesquisador. Seus nomes são anônimos e substituídos por números.

Foram feitas transcrições literais e integrais de todas as entrevistas, das interações discursivas em sala de aula e do grupo focal. O exame destes dados foi feito de modo dialógico, isto é, não sequencial, e como estabelecem MORTIMER e colaboradores (2014a, p. 70), “não se pode postular uma hierarquia entre os domínios genéticos”. Assim, os dados referentes a cada domínio genético foram articulados com os demais.

Modelo metodológico da construção do perfil de herança

De posse dos dados referentes aos domínios optamos pela segunda estratégia utilizada para construir modelos de perfil conceitual, mencionada

anteriormente (MORTIMER, 2014a). Iniciamos com as fontes históricas, filosóficas e concepções alternativas e definimos *a priori* alguns temas e formulamos categorias referentes ao conceito de herança encontrados nestas fontes. Após esta etapa, iniciamos a fase de análise do material empírico coletado, organizando e categorizando as respostas, a fim de validar a sua existência no contexto sociocultural investigado, ao mesmo tempo refinando a análise. Procuramos fazer um exame dialógico levando em conta um quadro teórico bem estruturado, mas que também considera os dados empíricos, porque no caso do conceito de herança eles são muito ricos. Assim, buscamos uma articulação, que julgamos ter alcançado.

Deste exame, as informações obtidas foram organizadas em um instrumento proposto por SEPULVEDA (2010), para a construção do perfil conceitual de adaptação, denominado “matriz epistemológica”. Foram elencados temas nesta matriz e, para cada um deles, um conjunto de compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos foi identificado. Esta matriz está descrita no capítulo 5 e organiza a polissemia do conceito de herança. As zonas que compõem o perfil foram constituídas a partir da combinação destes diferentes compromissos, referentes a cada um dos temas epistemológicos presentes na matriz.

Os passos metodológicos acima descritos, para a construção do modelo, foram inspirados no trabalho de SEPULVEDA (2010; 2013), tendo algumas novidades: (a) incorporação de nova fonte de coleta de dados empíricos, os grupos focais; (b) investimento na exploração da dimensão axiológica do conceito, ainda pouco empreendida no programa de perfis conceituais, e no caso do conceito de herança como moduladora das zonas em contextos discursivos; (c) inclusão do tema “axiologia”, com descrição de compromissos para os temas propostos na matriz e (d) mudança na nomenclatura da matriz, de “epistemológica” para semântica”. Abaixo está uma representação esquemática da metodologia de construção do modelo aqui proposto, adaptado de SEPULVEDA (2013).

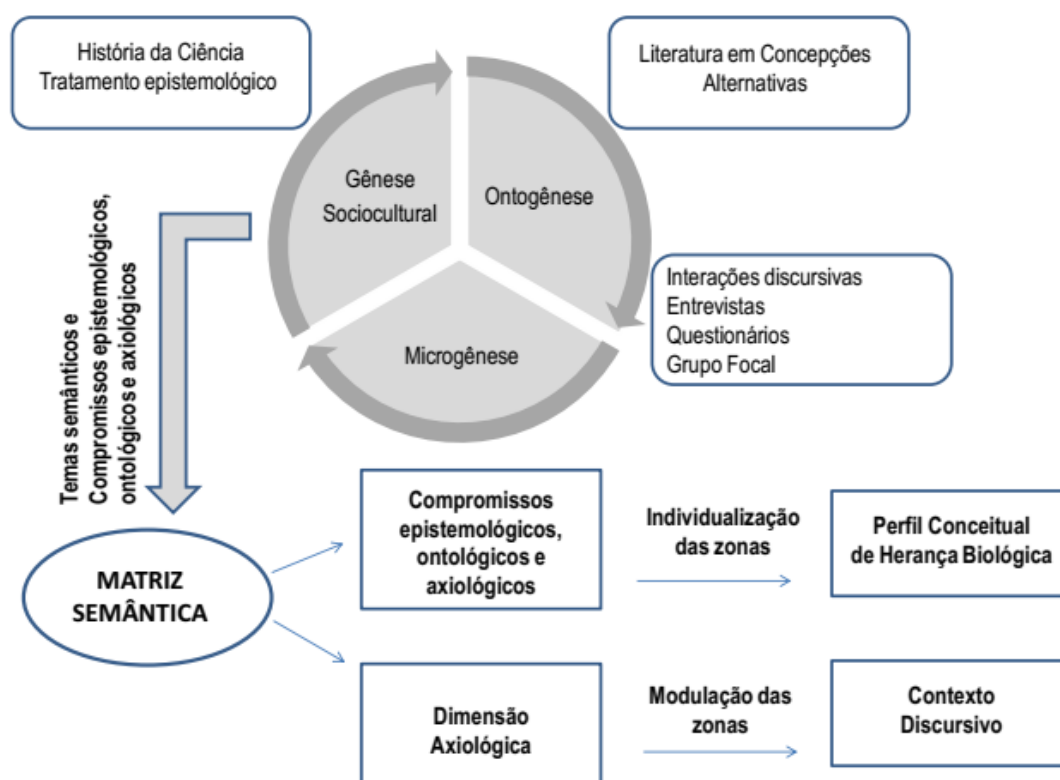


Figura 1. Diagrama esquemático da metodologia de construção do perfil conceitual de herança biológica adaptado da pesquisa de SEPULVEDA, MORTIMER e EL-HANI (2013).

Sobre a axiologia, encontramos que Frondizi (1977 *apud* Lucas; Passos; Arruda (2016), que estuda axiologia geral, considera que os valores ou juízos de valor não existem em si e se constituem elementos qualificadores das coisas e das ações humanas, necessitando de entes depositários para fazerem sentido. Sob essa perspectiva, esses autores centraram estudos: “[...] nos três principais componentes de todo processo valorativo, isto é, de qualquer valoração ou emissão de juízo de valor: I) o sujeito que valora; II) o objeto valorado; III) o juízo de valor emitido” (p. 501).

Lucas, Passos e Arruda (2016) afirmam que:

Esses componentes, somados à descrição de um contexto, podem ser metodologicamente detectados a partir de entrevistas transcritas, por exemplo. Nesse caso, as perguntas feitas aos entrevistados os levarão a emitir juízos de valor, que serão suas respostas aos questionamentos. Desta forma, os elementos do processo valorativo poderão ser evidenciados, pois os sujeitos que valoram são os sujeitos entrevistados; os juízos de valor são as respostas dadas às perguntas; e os objetos valorados são todos os conteúdos abordados nas perguntas que compuserem a entrevista (p. 501)

Nesse sentido, com a inserção da dimensão axiológica à proposta metodológica de Sepulveda (2013) estamos indicando que esta dimensão se revela na modulação das zonas, por exemplo, e argumentamos que os dados coletados por meio de entrevistas, grupo focal e interações discursivas em sala de aula são importantes na explicitação de contextos discursivos, se constituindo um fator importante para a compreensão dos significados, nos quais é possível se perceber a dimensão axiológica.

Sobre a proposta da dimensão axiológica modulando as zonas de um perfil e presente em contextos discursivos (figura 1), Dalri (2010) aponta que características valorativo-afetivas da relação do sujeito com o mundo que é representado por ele só podem ser analisadas e consideradas dentro da atividade humana que as determinam e que, ao mesmo tempo, é determinada por elas, ou seja, o valor de determinada situação ou objeto só pode ser tomado no contexto no qual este valor é internalizado e externalizado, isto é, no contexto de uma interação social.

Santos (2005) relata que os serviços de aconselhamento genético são cenários privilegiados para o estudo de modelos explicativos para herança, porque os indivíduos que buscam esses serviços convivem com a perspectiva de herdar ou transmitir para a descendência alguma doença genética e assim, devido à elevada motivação emocional, esses indivíduos tendem a elaborar explicações para questões como, por exemplo: “Por que meu filho nasceu deficiente?”

Nesse sentido, apostamos que a diversidade de contextos de coleta de dados promovidos na pesquisa, aliado à diversidade de cenários, questões e expressões usados, poderiam acionar elementos do repertório cultural dos estudantes, os quais seriam externalizados no contexto de uma interação social.

CAPÍTULO III – O conceito de herança biológica e a busca da sua polissemia para constituição das zonas do perfil nos diferentes domínios genéticos

Será apresentada aqui nesse capítulo uma descrição das fontes que foram consultadas e uma exposição dos dados referentes a cada domínio: sociocultural, ontogenético e microgenético. A partir desses dados, foi proposta uma matriz semântica, composta por temas semânticos, categorias elencadas para cada um dos seus temas e composta também por compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos. A combinação dos diferentes compromissos referentes aos temas e categorias propostos é que estabilizam as formas de pensar o conceito de herança biológica e compõem as zonas propostas para o modelo de perfil. Adiante serão tratados nos capítulos V e VI a composição da matriz semântica e as zonas que constituem o modelo aqui proposto, respectivamente.

As diferentes fontes de dados que foram examinadas e que mapeiam a diversidade de ideias e contextos considerados serão apresentadas em três seções. A primeira seção trará as ideias relacionadas ao conceito de herança encontrada na história da ciência, ou seja, o desenvolvimento histórico desse conceito. Serão abordados aspectos considerados importantes desde as primeiras ideias de herança encontradas na Antiguidade até o debate contemporâneo sobre as controvérsias que envolvem o conceito de gene e os sistemas de herança. Na sequência será mostrada uma análise da literatura sobre concepções alternativas dos estudantes acerca da herança, que estão inseridas em investigações sobre processos de aprendizagem no ensino de genética. As informações obtidas nessa revisão foram postas em diálogo com os dados empíricos que coletamos: a) no Ensino Médio: entrevista com alunos de diferentes séries, análise de episódios de ensino em salas de aula no contexto do ensino de genética e uma seção de grupo focal b) no Ensino Superior: questionários aplicados a alunos de um curso de licenciatura em Ciências Biológicas. A partir desse diálogo, foi possível anunciarmos alguns percursos possíveis na gênese do conceito de herança nestes domínios, descritos adiante.

3.1. A gênese sócio-histórica do conceito de herança biológica

Oliveira e colaboradores (2016) destacam que as ciências e seus conceitos constituintes são produtos de um contexto de embates teóricos constantes, envolvendo refutações, alegações e deliberações, as quais culminam na sustentação e/ou manutenção, ampliação ou obsolescência de teorias ou paradigmas. Afirmam, assim que:

Um conceito é alvo de reverberações teóricas, filosóficas e empíricas e, portanto, está sujeito a (re)estruturações decorrentes dessas áreas. Por consequência, torna-se importante articular epistemologicamente diferentes contextos filosóficos e históricos da Biologia, (re)significando os conceitos de acordo com o avanço das pesquisas empíricas e teóricas das Ciências Biológicas, características de diferentes cenários heurísticos e investigativos (p. 323).

Assim, o impacto de análises epistemológicas de conceitos específicos é particularmente relevante quando envolvem conceitos que abarcam diferentes áreas do conhecimento, como no caso do conceito de herança biológica. Compreender os elementos e aspectos que envolvem o fenômeno da herança biológica, portanto, deve ser considerado básico porque uma série de tópicos da biologia fundamentam suas bases nos elementos da herança e de entendimento do fluxo gênico, como é o caso da evolução e da diversidade dos seres vivos, já anteriormente mencionado na introdução desse texto.

O processo de investigação da gênese do conceito de herança no domínio sociocultural foi baseado em dados coletados de fontes secundárias da história da ciência e história da biologia e análises epistemológicas deste conceito. Foram destacados alguns períodos da história da ciência que são considerados fundamentais para o entendimento de como as variadas formas de pensar o conceito de herança biológica se desenvolveram, de como foram elaboradas as explicações para este fenômeno, o qual, como ressalta Jacob (1983, p. 8) “como poucos, se manifesta com tanta evidência no mundo vivo quanto a formação do semelhante pelo semelhante”. Nesse contexto foram considerados os seguintes períodos na história: a) as ideias de herança na Antiguidade e os fluidos corporais; b) o debate entre pré-formação e epigênese; c) a herança particulada; d) o conceito de gene e o genocentrismo; e) a epigenética.

Não é intenção aqui a apresentação de uma revisão de literatura exaustiva, cronológica, mas uma narrativa construída com base em alguns

momentos e ideias relevantes do desenvolvimento do conceito nos períodos históricos acima elencados, que foram importantes na composição da matriz que trata da polissemia do conceito. Serão apontados alguns compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos que são parte dos temas que compõem as formas de pensar herança biológica e em torno dos quais se produz a polissemia do conceito, presentes nesse domínio.

Sobre a abordagem de conceitos na história da ciência, El-Hani (2016), ao tratar da história do conceito de gene, alerta para os cuidados com possíveis equívocos metodológicos, e destaca a importância em examinar a história dos conceitos de modo a iluminar aspectos teóricos e epistemológicos de sua situação contemporânea. Dentre os equívocos cita o anacronismo e o *whiggism*:

Estes são erros metodológicos importantes quando se lida com narrativas históricas. Uma história anacronista retrata eventos do passado reinterpretados à luz do presente, mas, além disso, perde de vista o contexto em que aqueles eventos tiveram lugar, no caso específico da história das ciências, as tradições de pesquisa em que um determinado desenvolvimento ocorreu, os problemas que um dado estudo buscava responder, os aspectos conceituais, institucionais, organizacionais do contexto passado (EL-HANI, 2016, p. 17)

Assim, não será traçada uma linha do tempo para o conceito de herança biológica, e sim serão destacados períodos da história do conceito que foram fundamentais para a compreensão de como as diversas formas de pensar esse conceito se desenvolveram. Sobre essa abordagem, Martins (2010) se refere a um erro metodológico comum, que é a apresentação da história de forma resumida, uma história linear, uma sequência de eventos que são efeito um do outro, e que vão levando a resultados “melhores” com o passar do tempo.

Início a abordagem do conceito de herança com um destaque dado por Lamm (2012) na distinção dos termos hereditariedade e herança biológica e que propõe que os dois termos podem ser usados genericamente para referir-se a relações de semelhança confiáveis entre pais e descendentes. Propõe, no entanto, que o termo hereditariedade seja empregado mais precisamente para se referir ao caráter hereditário de traços (fenotípicos ou genotípicos), e o termo herança para se referir a processos causais de transmissão entre pais e descendentes que explicam a hereditariedade, e também os mecanismos responsáveis por eles. Processos múltiplos de herança podem estar implicados

na hereditariedade de um traço fenotípico particular. A herança é muitas vezes interpretada como transmissão de informação, embora essa noção cause dificuldades, pois não se reduz a isso. Aachamos pertinente trazer a distinção dos termos, pois muitas vezes são usados de maneira indistinta.

Andrade e Silva (2016) consideram que a familiaridade do termo “herança” na linguagem cotidiana dificultou o entendimento do seu significado em biologia. Uma das razões para tanto é o uso polissêmico do termo “herança”, o qual, na maioria das línguas, é empregado para se referir tanto a herança legal e cultural quanto a biológica. Esse uso irrestrito marcou, durante muito tempo, as ideias por trás de muitas pesquisas envolvendo a hereditariedade.

Castañeda (1997) traz que a palavra herança nem sempre significou transmissão de características e, de acordo com a autora, até o final do século XIX, esse termo era mais comumente utilizado no contexto jurídico-legal, sendo empregado na Biologia o termo hereditariedade. Destaca ainda que até chegarmos a esse consenso atual, de que herança é um fenômeno de continuidade biológica, muitas ideias controversas foram publicadas e confrontadas.

A existência da hereditariedade é hoje tão firmemente estabelecida que é difícil imaginar um tempo em que a humanidade não se dava conta de que existiam explicações para relações de parentesco entre genitores e prole. No entanto, há dois séculos a palavra hereditariedade não tinha qualquer significado biológico, e os estudos nesse campo não existiam pela simples razão da falta de reconhecimento da herança como fenômeno. Há pelo menos dois mil anos, as explicações para as semelhanças entre pais e filhos se resumiam a explicações mais gerais sobre a origem da vida – a “geração”- e este termo foi usado para descrever um fenômeno único, complexo, que hoje seria considerado como a fusão da reprodução, genética e desenvolvimento (COBB, 2006). A esse respeito Cobb (2006) reconhece que, ao se narrar a história da hereditariedade antes da genética, tratando unicamente do caráter hereditário da noção de geração, comete-se um “anacronismo deliberado” (p. 953). Segundo o argumento do autor, uma descrição como essa, a despeito de ser focada em um aspecto, seria parcial e desrespeitosa para com as pessoas cujos trabalhos descritos não teriam sido reconhecidos como tal.

A formação do semelhante pelo semelhante, como já mencionado, é manifestada com tanta clareza como poucos fenômenos no mundo vivo. Ao cultivar plantas, criar animais, aprimorá-los para torná-los domesticados ou para usá-los na alimentação, a humanidade adquiriu uma grande experiência em interpretar e explorar a permanência das formas através das gerações (JACOB, 1983).

A ideia de que a vida se inicia a partir da fecundação envolvendo a participação de células germinativas, masculina (espermatozoide) e feminina (óvulo) data do século XIX. Antes disso e por milhares de anos, a quase totalidade das pessoas acreditava que a vida se iniciava ao nascimento e as explicações para o fato dos filhos se parecerem mais com os pais do que com quaisquer membros de grupo a que pertenciam baseavam-se na hereditariedade (*nature*; natureza biológica) ou no ambiente (*nurture*; criação) (PINHEIRO, 2007).

Na Antiguidade já se observava que os filhos se pareciam com seus progenitores e todo o cultivo de plantas e manuseio de animais estavam baseados na consciência de que algumas características eram herdadas. Mesmo com o conhecimento dos sexos no processo de fertilização, em determinadas culturas, como os assírios, 2.000 a.C. que fertilizavam as flores de tamareiras fêmeas com o pólen derramado pelas flores de tamareiras macho, a natureza da herança e seu mecanismo permaneciam um mistério (MAYR, 1998). Desde as primeiras observações dos naturalistas, dos cultivadores, bem como especulações dos médicos e filósofos, inúmeras questões foram levantadas e muitas delas constituíram objeto de debates até o início do século XX.

Desde a Antiguidade a herança esteve relacionada à ideia de fatalismo, como o pecado original da filosofia cristã e a doutrina de Santo Agostinho sobre predestinação, que implica na felicidade eterna a todos ou à condenação e supõe que o indivíduo, ainda que seja livre e consciente, esteja sujeito a forças mais elevadas, do passado, de tempos que o indivíduo não existia (RADL, 1988 apud JUSTINA 2001).

De acordo com Mayr (1998), muitos dos equívocos largamente difundidos associados à herança, sendo este um fenômeno tão notável, fizeram com que ela se tornasse objeto de uma variada “ciência” folclórica e cujos

resquícios podem ser encontrados até hoje entre as pessoas leigas” (p. 706), apontando algumas dessas ideias: a de que somente um dos genitores contribuiria para a herança; que a contribuição paterna é quantitativa e qualitativamente diferente da contribuição materna; a herança de caracteres adquiridos, em que o meio tem influência forte e determinante sobre o material genético; que os próprios caracteres são herdados diretamente ao invés do potencial para sua formação; grande plasticidade do material genético, como a ideia de que, por exemplo, qualquer acidente com a mãe, como o susto com uma cobra, poderia afetar o feto.

Assim como em outras áreas da biologia, os antigos filósofos gregos definiram problemas e sugeriram hipóteses para o fenômeno da herança que perduraram até os tempos modernos. Dentre os filósofos, tiveram destaque Hipócrates e Aristóteles, sendo que se pode afirmar que a teoria proposta por Aristóteles foi a mais influente no mundo antigo. Eles não consideravam mais a hereditariedade um mistério dado pelos deuses, mas sim algo a ser estudado e sobre o qual se podia exercer a reflexão, passando a reivindicar à hereditariedade o tratamento de ciência (MOORE, 1986; MAYR, 1998; COOB, 2006). É neste contexto que se estabelece a relação dos fluidos corporais (sêmen e sangue) com a herança, abordada a seguir, e de acordo com Ferrari e Scheid (2008), as perguntas que dominavam a discussão sobre o sêmen nas teorias antigas sobre a geração eram: ambos os genitores contribuem com o sêmen? O sêmen se origina em uma determinada parte do corpo ou em todas as partes?

A ideia geral de pensamento nesta época se dirigia para a reflexão sobre as semelhanças entre os indivíduos, sobre a reprodução e isso envolvia o estudo do sêmen e dos órgãos sexuais. A observação levava a se notar que o sêmen se relaciona com a reprodução de outro ser semelhante, levando à ideia de que algo presente no sêmen transmitia a característica (CASTAÑEDA, 1992). A mistura de sêmens masculinos e femininos parece ter sido a explicação mais óbvia atribuída na Antiguidade à mistura das características paternas e maternas que são encontradas na prole.

Hipócrates propõe a pangênese como uma hipótese para explicar a herança, e essa admitia que a hereditariedade baseava-se na produção de “sementes” (sêmen – sementes em grego) por todas as partes do corpo e na

transmissão dessas para a descendência no momento da concepção, e assim explicava a origem do sêmen provindo de todas as partes do corpo, bem como conclui que machos e fêmeas possuem tanto sementes masculinas quanto femininas, porém o macho é mais forte que a fêmea e a fertilização consistia na mistura da matéria seminal do pai e da mãe (CASTAÑEDA, 1992; MAYR, 1998),

Se a semente mais forte vem dos dois companheiros, o embrião é macho; se for a mais fraca, é fêmea. O embrião corresponde à que predomina em quantidade. De fato, se a semente fraca é mais abundante do que a forte, esta, dominada e misturada à fraca, se transforma em semente feminina, mas se a semente forte é mais abundante que a fraca e a fraca é dominada, essa última se torna semente masculina (HIPOCRATES, *De la génération*, cap. VI. 1-2; VII 479-9 p. 48 *apud* CASTAÑEDA, 1992).

Em muitos trabalhos da Antiguidade é possível encontrar elementos que posteriormente apareceriam na teoria da pangênese de Darwin. Hipócrates além de explicar a origem do sêmen, relaciona-o com a transmissão de caracteres, não somente as características natas, como aquelas características que foram adquiridas ao longo da vida. Essa ideia se enquadra bem com a concepção de que o sêmen provém de todas as partes do corpo, pois se uma parte do corpo é modificada, esta modificação poderá ser transmitida à geração seguinte pelo sêmen que proveio desta parte (CASTAÑEDA, 1992).

De acordo com Ferrari e Scheid (2008), Hipócrates, ao comentar sobre a variabilidade entre populações, menciona o efeito do costume de algumas populações de moldar a cabeça do recém-nascido com bandagens e outros recursos, para mudar a forma de esférica para alongada, conhecido por “os cabeças longas”, sendo os crânios mais alongados considerados sinal de nobreza:

No início o hábito operava, de forma que a constituição era resultado da força (faixas e massagens), mas ao longo do tempo isto acontecia naturalmente, de modo que o hábito já não atuava, porque o sêmen vem de todas as partes do corpo, saudável das partes saudáveis e doente das partes doentes. Portanto, se filhos calvos nascem de pais calvos, e filhos com olhos azuis de pais com olhos azuis, e se os filhos de pais com distorções nos olhos são em sua maioria estrábicos, e se o mesmo pode ser dito sobre as outras formas do corpo, o que poderia impedir que uma criança com uma cabeça alongada fosse produzida por um genitor de cabeça alongada? (HIPPOCRATES, 1849, parte 14, *apud* FERRARI; SCHEID, 2008).

Aristóteles não concordava com Hipócrates sobre a pangênese, pois questionava como características comportamentais, por exemplo, voz e

locomoção, e tecidos mortos, como unhas e cabelos, iriam produzir sementes (MAYR, 1998). Constatou que a maioria dos animais emite um líquido, o qual ele relaciona com a geração: sêmen para os machos, fornecia o princípio gerador da forma (*eidos*) e sangue mensal para as fêmeas (*catatemia*) seria a substância a ser moldada pelo *eidos*. Ambos são resíduos de alimentos úteis do sangue, porém o sêmen é de forma mais pura que o fluxo mensal. A forma do organismo seria transmitida por meio do sangue, sendo que o sêmen do macho teria um papel preponderante sobre a prole em virtude do seu “calor inato” (MOORE, 1993). Considerava que o macho tinha o poder de contribuir com a forma que atuará sobre a matéria da fêmea, dando vida a esta, sendo assim, atribui ao sêmen masculino o poder gerativo na concepção (CASTAÑEDA, 1992; JUSTINA, 2001). Assim, para ele a contribuição de machos e fêmeas seria diferente:

A diferença entre Aristóteles e Hipócrates, quanto à procedência do sêmen, é que o primeiro admitia que o sêmen seria um tipo de refinamento do sangue, e que, portanto, vai para todo o corpo, pois o sangue é encontrado em toda a parte. Já Hipócrates, admitia o contrário, ou seja, que o sêmen viria de todas as partes do corpo, o que explica a semelhança entre prole e seus pais (CASTAÑEDA, 1992, p. 53)

Sobre o sangue especificamente, desde muito tempo se partia do princípio de que este era o veículo, fluido mediador da herança, essência da humanidade e esteve relacionado com a convicção generalizada de que o destino é inato. O sangue sempre esteve ligado à religião, o seu simbolismo universal, e imaginava-se, entre os antigos, o sangue como elixir da vida (JONES, 1999).

A palavra sangue, na França dos primeiros tempos modernos, por um lado designava o líquido vital que corria nas veias, e por outro a linhagem, a “raça”. O sangue era o veículo das qualidades físicas e morais hereditárias que caracterizavam a personalidade de uma linhagem. Sua pureza devia facilitar o exercício das virtudes. Essa crença permitia explicar a superioridade da nobreza e afirmar que a hierarquia social era justa, já que natural. Era igualmente ela que legitimava o poder dos reis, caracterizados pela excelência de seu sangue (JOUANNA, 2010).

O sangue era considerado um dos quatro humores que constituía o corpo, sendo os outros a fleuma ou pituíta, a bile amarela ou cólera e a bile

negra ou melancolia. Esses humores, de acordo com a medicina hipocrática-galênica, estavam associados a qualidades (calor, frio, secura e umidade) e a elementos (ar, água, fogo e terra). Desses quatro humores, o sangue era o mais perfeito. Antes da descoberta de sua circulação no corpo, acreditava-se que ele se esgotava após atingir todos os membros. Era, pois, necessário regenerá-lo permanentemente mediante a ingestão de alimentos. O sangue era gerado ao final de um processo de refinamento, e de acordo com essa concepção, era o humor mais refinado e se encontrava, portanto, na fronteira do corporal com o espiritual (JOUANNA, 2010).

Segundo JOUANNA (2010):

[...] O sangue não constituía apenas a sutileza do corpo do nobre, mas desempenhava um papel essencial na transmissão hereditária dessa qualidade. No fim da Idade Média e no Renascimento prevalecia a teoria inspirada em Aristóteles e difundida pela medicina galênica, segundo a qual o esperma constituía a quintessência do sangue – e aí encontramos novamente a noção de pureza – a emanção mais sutil, mais purificada, vaporizada sob a forma de uma espécie de espuma. Ora o sangue, já o vimos, expressava o melhor das substâncias corporais e fazia a junção dessas substâncias com a alma: assim pode-se entender perfeitamente que a ele tenha sido atribuída a tarefa de transmitir, sob a forma de sêmen, a própria essência do ser. Atribuía-se a ele uma forma organizadora (p.29-30).

Embora praticamente todas as questões que se referiram à herança biológica desde a Antiguidade tenham sido respondidas com as descobertas e avanços científicos do campo da genética, muitas concepções baseadas em teorias já refutadas no decorrer da história do conceito continuam presentes, restando ainda resquícios do passado para a explicação deste fenômeno, como a persistência de que os atributos genéticos estão no sangue, o que pode ser constatado com o uso frequente de expressões como “as características estão no sangue”, “meu filho é sangue do meu sangue”, “sangue puro”, entre outras.

Na composição do texto da gênese sócio-histórica para o conceito de herança biológica é possível apontar possíveis temas, categorias e compromissos que fazem parte da matriz semântica que exhibe a polissemia desse conceito. Com base, por exemplo, no exposto acima, alguns desses elementos que constam da matriz se fazem evidentes neste conjunto de dados no domínio sociocultural: a) o tema epistemológico contribuição parental para a herança, sendo atribuída em três categorias – exclusiva, diferencial ou

equivalente; b) o tema epistemológico “mediador da transmissão da herança” que tem nos fluidos corporais (sêmen e sangue) os atributos produzidos pelos progenitores e por meio dos quais são transmitidos através das gerações; c) a categoria herança tênue (*soft inheritance*) pertencente ao tema epistemológico natureza da herança que tem como compromisso a ideia de que o material hereditário não é constante de geração a geração, admitindo-se plasticidade desse material; d) o tema mecanismo de herança com a categoria ausência de explicação. Nesse contexto, é possível afirmar que formas de falar e modos de pensar próximos dos achados na história foram encontrados nos dados empíricos coletados nessa pesquisa e serão apontados em outra seção, ainda neste capítulo, bem como na literatura em ensino e aprendizagem de genética.

Coob (2006) destaca que o primeiro avanço importante na compreensão da “geração” veio na segunda metade do século XVII, com o trabalho de Renier Graff, WilliamHarvey, Francesco Redi e outros, que através da dissecação e experimentação forneceram provas de que todos os organismos do sexo feminino produziam ovos e alguns anos mais tarde, Antoni Leeuwenhoek, abalou o mundo com a descoberta dos espermatozoides. Mesmo após as descobertas, ninguém no século XVII argumentou que óvulos e espermatozoides representavam elementos complementares e que teriam contribuições equivalentes para a prole. Em vez disso, os próximos 150 anos foram dominados por debates entre “ovistas”, aqueles que afirmavam que um novo ser estava pronto nos óvulos e “espermistas”, afirmando que este ser estava contido nos espermatozoides. Assim, tem início a era da pré-formação ou preformismo e quase todos os pesquisadores mais proeminentes dos séculos XVII e XVIII supunham essa ideia de que os organismos estariam prontos. Mesmo com a refutação da ideia de pré-formação pela experimentação, no século XVIII, não havia espaço onde inserir a geração dos seres vivos fora da teoria da pré-formação. Jacob (1983) assinala que, mesmo não sendo possível abandonar a pré-existência e a pré-formação, no século XVIII já existiam as condições de demonstrar sua insuficiência, como a partir da observação do nascimento de um filho mulato, oriundo de um negro com uma branca.

Num contexto de um conflito de tradições nesta época, tem-se a epigênese, teoria que postula que o organismo ainda não está formado no ovo

fertilizado e decorreria de profundas modificações de forma ocorridas durante a embriogênese. É justamente nessa época que se situa uma das questões mais importantes da biologia pré-moderna do século XVIII – a luta entre as duas teorias do desenvolvimento – a pré-formacionista e a da epigênese (LEWONTIN, 2002).

Botelho (2007) não considera a pré-formação e a epigênese como teorias propostas nos séculos XVII e XVIII para explicar a geração orgânica e sim as interpreta como duas tradições de pesquisa dentro das quais são elaboradas diferentes teorias para explicar como os seres vivos são gerados. Considera a pré-formação e a epigênese duas perspectivas gerais que fornecem diferentes ontologias, metodologias e princípios para a investigação de como ocorre o processo de desenvolvimento. O autor sustenta a sua proposta argumentando, que em vários momentos, os significados dos termos (pré-formação e epigênese) se transformam, ao longo de diversos períodos, adquirindo significados bastante diferentes, tornando difícil se aceitar apenas um único debate. Desde Aristóteles, passando por Descartes e Kant, o significado desta oposição se transformou, acompanhando a ciência e a filosofia à sua volta. Abaixo uma figura proposta por Botelho (2007), que ilustra o conflito de tradições de pesquisa que se transformam e se alternam historicamente, sendo que, cada período pode ser nomeado de acordo com a perspectiva teórica hegemônica que os caracterizou. Os períodos de crise, sem hegemonia, precedem a troca de tradição de pesquisa. Este autor traz grande contribuição à discussão, *preformação versus epigênese*.



Figura 2. Conflito de tradições de pesquisa: Pré-formação e epigênese. Fonte: Botelho, 2007

“Ciência da geração”, no século XVIII, foi o nome dado à ciência que respondia às questões sobre a concepção animal, a hereditariedade e o desenvolvimento fetal, que já intrigavam os filósofos antigos. No século XIX, quando nasce a embriologia como área de pesquisa própria, tais questões passaram a ser motivadas por rejeição às ideias de Aristóteles, com ênfase na experimentação (FERRARI; SCHEID, 2008).

Depois da publicação da Origem das Espécies, em 1859, considerada a grande vertente, o grande marco do século dezenove, poucos poderiam ser encontrados entre os versados em ciências que ainda acreditavam que as espécies eram fixas (KELLER, 2002). Darwin oferecia um mecanismo para a origem e a transformação das espécies, mas um mistério permanecia, pois ele não conseguia explicar a notável estabilidade com a qual, em cada geração os organismos se desenvolvem e crescem fieis ao tipo particular de sua espécie. Não oferecia uma explicação para a persistência de características particulares individuais de geração a geração (KELLER, 2002). Darwin compartilhava com seus contemporâneos a crença na “hereditariedade por amálgama”, visão segundo a qual as características da descendência são, de alguma forma, uma mistura⁴ das características dos pais, e não tinha como explicar como algumas

⁴ A prole intermediária obtida do cruzamento entre um animal grande e um animal pequeno era interpretada da mesma forma que a cor intermediária de um corante resultante de uma mistura de soluções forte e fraca. Entretanto, se os fatores hereditários perdessem sua identidade e se tornassem intermediários quando combinados, a variação entre os organismos de uma população seria dividida pela metade, em cada geração e desapareceria rapidamente. Mutações deveriam então ter que surgir em taxas muito elevadas, para entrar no cômputo da variação, mas a hereditariedade é em geral tão fiel que as taxas de mutação, evidentemente, não são tão altas (FUTUYMA, 1992).

características poderiam perdurar sem serem diluídas. Segundo Botelho (2007), a crença neste mecanismo hereditário rendeu-lhe as piores críticas e pressionado, Darwin formulou a teoria da pangênese, que o autor considera um equívoco a ser esquecido.

Darwin assumiu a continuidade da descendência apontando para a necessidade de explicar variação, herança e reprodução. A solução por ele apontada foi sua hipótese provisória da pangênese que, por muitos anos, serviu como referência para as teorias da hereditariedade. Ao formular sua teoria das “gêmulas” sobre hereditariedade, reportou-se a Hipócrates e, na verdade, foi quem introduziu o termo pangênese. De acordo com Martins (2006), a hipótese da pangênese permitia explicar de forma natural a herança de caracteres adquiridos, aceita por Darwin, afirmando que como os elementos sexuais conteriam gêmulas produzidas pelo próprio organismo durante todas as fases de sua vida, qualquer alteração do organismo ficaria também impressa nos gametas. Segundo a hipótese da pangênese, as gêmulas, contendo informações sobre os vários tecidos e órgãos de cada organismo, circulariam pelo corpo do animal ou planta (FERRARI; SCHEID, 2008). A teoria da pangênese não é simplesmente uma tentativa de defesa contra o problema da herança por mistura, nem a proposta de um mecanismo plausível para a herança de caracteres adquiridos. Ela é a proposta de uma teoria capaz de organizar uma vasta quantidade de fenômenos antes desconexos e pouco entendidos (VORZIMMER, 1963; apud BOTELHO, 2007). Darwin focalizou sua atenção nos mecanismos de transformação e os mecanismos necessários à conservação escapavam tanto do seu entendimento, como, na maior parte das vezes, de seu interesse. A tarefa de pesquisar as leis da constância, de dar conta da estabilidade inter-geracional coube aos herdeiros de Darwin (KELLER, 2002).

Nesse contexto, quando se começou a perceber a importância da variação, no final do século XVIII e começo do XIX, surge a necessidade de se questionar por suas causas. Todos aqueles que se dedicavam ao estudo da natureza percebiam certo conflito, ou contradição entre os fatos da hereditariedade e os fatos da variação. A hereditariedade implica continuidade e constância, a variação implica mudança e diversidade. A seleção natural só pode ser eficaz se existir abundante fornecimento de variação e o desafio seria

entender como esse fato poderia ser compatibilizado com a ideia de constância da hereditariedade (MAYR, 1998).

A natureza da herança se apresentava, nesse contexto, caracterizada como herança tênue (*soft inheritance*, em inglês) ou herança sólida (*hard inheritance*, em inglês). Na matriz semântica para o modelo de perfil aqui proposto, este é justamente um tema epistemológico proposto - natureza da herança - que é caracterizado por compromissos e formam esse par dicotômico em relação ao que se pensava em termos de mudança ou constância do material genético. Para a herança tênue, o conceito básico subjacente a essa ideia é de que o material hereditário é “flexível”, podendo mudar gradualmente durante a existência do indivíduo ou ao longo das gerações. A herança sólida pressupõe que o material hereditário é “rígido”, perfeitamente constante e só muda mediante alteração súbita, uma mutação. Pode-se afirmar que estas eram as questões mais relevantes, relativas à geração e à hereditariedade, que se apresentavam na segunda metade do século XIX (MAYR, 1998).

Como anteriormente mencionado, Keller (2002) responsabiliza os herdeiros de Darwin, pelo trabalho de dar conta da explicação da estabilidade inter-geracional, e afirma que, como ela denomina o século XX de século do gene, se inicia essa tarefa de explicar a constância dos traços individuais através das gerações. Essa autora destaca a pesquisa em busca da explicação para a constância dos traços individuais exercidos sobre a origem do conceito de gene e afirma:

[...] que um componente essencial desse conceito entra na história da genética mesmo antes que a palavra gene fosse inventada e entra com a suposição de que, subjacente a cada característica individual, há um elemento hereditário tão estável que sua estabilidade pode explicar a confiabilidade com a qual tais características são transmitidas através das gerações. Em outras palavras, o problema da estabilidade de características foi resolvido supondo-se a existência de uma unidade inerentemente estável, potencialmente imortal, que poderia ser transmitida intacta através das gerações (KELLER, 2002, p. 27).

É bastante comum que se considerem alguns dos personagens da história da ciência como fundadores de áreas de pesquisa ou de disciplinas novas, e o caso de Gregor Mendel, muitas vezes considerado o fundador da Genética, é um exemplo clássico disso. Mendel é usualmente retratado, de modo praticamente universal, como o primeiro cientista a propor uma teoria da

hereditariedade, fundamentada nas duas leis que levam seu nome, que está presente tanto na ciência escolar, quanto na literatura científica, tido como um monge supostamente isolado num mosteiro e ignorado pela comunidade científica de sua época. A este fato, EL-Hani (2016) o denomina de “Mendel Mítico”, propondo que esta caracterização, em parte, se dá a partir de uma confusão entre o conteúdo do seu trabalho original, publicado em 1866, e o conteúdo de sua reinterpretação em 1900, afirmando que:

Esta é uma descrição incorreta do papel de Mendel na história da genética. Ela está comprometida por erros metodológicos importantes em termos historiográficos, por ser anacrônica, atribuindo a Mendel ideias posteriores ao seu trabalho, e por ignorar o contexto em que ele realmente trabalhou (p. 273)

Conhecer esse contexto é o caminho para desconstruir a imagem historicamente equivocada a respeito de Mendel como uma figura isolada, seja científica, seja geograficamente (GLIBOFF, 2015; PRESTES; MARTINS 2016; EL-HANI, 2015; EL-HANI, 2016a; EL-HANI, 2016b).

Kampourakis (2013), em seu artigo que trata da história de Mendel e o caminho da genética, afirma que Mendel não foi definitivamente o único a estudar a hereditariedade antes de 1900, e que há muita imprecisão sobre o que está escrito nos livros didáticos sobre ele. A imagem heroica de um monge que passou a vida tentando resolver os mistérios da hereditariedade em completo isolamento da comunidade científica do seu tempo é uma deturpação da real história da Genética. Também afirma que Mendel era um estranho para um grupo ativo de estudiosos que estavam interessados no estudo da hereditariedade. El-Hani (2016a) destaca que a pesquisa que Mendel desenvolvia:

[...] não dizia respeito à herança, ao menos não em primeiro plano: tratava-se antes de elucidar uma questão que ocupava a pesquisa em horticultura, o principal campo de interesse de Mendel, havia muitos anos, a saber, se a hibridização poderia dar origem a novas espécies genuínas. Mendel estava situado, em suma, em outra comunidade científica, dedicada a investigações sobre o cultivo de plantas, na qual figuram nomes importantes da ciência como Joseph Gottlieb Kölreuter e Karl Friedrich von Gärtner. Além disso, ele tinha uma série de outros interesses, como a apicultura e a meteorologia, mas não fazia parte da comunidade de cientistas que investigavam na mesma época o fenômeno da herança (p.274).

No século XIX a teoria celular estava sendo discutida, e alguns autores consideravam que todas as células se originavam de uma célula já existente.

Assim, explicar a herança se tornou mais urgente do que nunca e a hipótese da pangênese de Darwin serviu de estímulo para que outros estudiosos apresentassem suas próprias explicações para a herança (POZIELLO; MARTINS, 2012).

Durante a segunda metade do século XIX, foram propostos diferentes modelos hipotéticos de herança de partículas microscópicas que explicariam as teorias da hereditariedade dos organismos: as unidades fisiológicas de Spencer (1864), a hipótese das gêmulas de Charles Darwin (1868), as estirpes de Galton (1869), as partículas materiais e gêmulas de Brooks (1883), os determinantes de Nageli (1884), os bióforos de August Weismann (1892) e os *pangêneses* intracelulares de Hugo de Vries (1889) (POLIZELLO, 2008; POLIZELLO; MARTINS, 2012; KAMPOURAKIS, 2013). Esses cientistas formavam uma comunidade ativa, em torno desse problema, conhecendo os trabalhos uns dos outros e engajando-se em crítica mútua construtiva que levou a mudanças em suas teorias. Foi o trabalho desses cientistas que propiciou o caminho para o surgimento da genética e foi no novo contexto estabelecido por essa disciplina que o trabalho de Mendel foi reinterpretado a partir de 1900 (KAMPOURAKIS, 2013; EL-HANI, 2016a, 2016b).

De acordo com Keller (2002), dado ao pouco que eles tinham para trabalhar em termos de evidências concretas, considerando que “a biologia experimental ainda estava na sua infância no fim do século dezenove” (p. 30), é pouco surpreendente ver o quanto esses primeiros pensadores sobre a hereditariedade diferiam entre si, tanto na caracterização dos elementos hereditários, quanto nas suas conjecturas sobre como esses elementos imprimiriam suas várias características na formação de determinadas células e tecidos. O mais surpreendente é o quanto eles compartilhavam, e tacitamente, diante de todas as suas diferenças. Nesse contexto, duas crenças eram persistentes: os elementos particulados da hereditariedade funcionariam como unidades fundamentais de explicação biológica e a responsabilidade pela estabilidade intergeracional era inerente à fixidez desses elementos materiais, quer tomados como unidades fundamentais, quer em sua composição coletiva.

O fato de Mendel não fazer parte da comunidade de estudiosos da época, envolvida no propósito de desvendar os elementos que explicassem o fenômeno da herança, não se resume ao fato de que seu trabalho era pouco

conhecido. Suas pesquisas sobre os padrões observados nas gerações de híbridos (seu foco de pesquisa era a hibridização) mostravam resultados que não concordavam com as teorias em discussão na comunidade científica que se dedicava ao problema da herança. O conhecimento sobre hereditariedade e citogenética havia sofrido importantes mudanças e, nesse novo contexto, seus achados foram reinterpretados pelos geneticistas mendelianos, em 1900 quando o trabalho de Mendel é redescoberto (EL-HANI, 2016b).

A imagem de uma unidade hereditária e a polêmica por ela gerada atravessa a história do conceito de gene, aparecendo antes mesmo da criação desse termo. No final do século XIX, antes do mendelismo, firmou-se a noção geral de herança particulada, presente nas ideias daqueles cientistas descritos anteriormente, e que já mencionavam, como uma suposição, que “subjacente a cada característica individual, há um elemento hereditário tão estável que sua estabilidade pode explicar a confiabilidade com a qual tais características são transmitidas através das gerações” (KELLER, 2002, p. 27). Essa noção de herança veio a contribuir substancialmente para incutir o conceito de unidade na genética.

Os fatos evidenciados acima, mais uma vez, nos remetem a alguns compromissos formulados que estão compondo a matriz semântica: a) para o tema epistemológico “unidade de herança” está a categoria que trata de entidades particuladas, a qual atribui a estas partículas auto-reprodutoras a transmissão da informação necessária para especificar as características dos indivíduos; b) junto a esta ideia está novamente o tema “mediador da transmissão da herança” com a categoria células reprodutivas, que tem como compromisso, o pressuposto de que os atributos dos indivíduos estão presentes nas células reprodutivas, nos gametas, que mediam sua transmissão através das gerações. Neste contexto, já havia o abandono da ideia de os atributos dos indivíduos estarem presentes nos fluidos corporais, assim é possível também se pensar na categoria “herança dura” pertencente ao tema epistemológico “natureza da herança” como a ideia de constância do material hereditário através das gerações.

Walter Flemming e Eduard Strasburger, no final do século XIX, observaram, por meio de estudos microscópicos da célula animal, estruturas em forma de bastão dentro do núcleo das células, as quais denominaram

cromossomos. Entre 1880 e 1890, Theodor Boveri, realizando experimentos no campo da citologia percebeu que o número dos cromossomos das células germinativas se reduzia à metade em um determinado estágio de sua maturação, sendo este um dos primeiros indícios do processo de meiose (OLIVEIRA *et al.*, 2004). Nesse contexto, a atenção se volta aos cromossomos como estruturas individuais que permanecem constantes ao longo das divisões celulares. No início do século XX, Walter Sutton e Theodor Boveri propõem a teoria cromossômica da hereditariedade, segundo a qual as "partículas" da hereditariedade estariam localizadas nos cromossomos. Essa conjunção aumentou o interesse de se determinar à natureza dos fatores mendelianos, ou seja, compreender o que os fatores representavam, sua constituição, modo de ação e localização (OLIVEIRA *et al.*, 2004; FERRARI ; SCHEID, 2008).

Johannsen, em 1909 propõe a palavra "gene" para indicar os próprios fatores, determinantes das características dos organismos, que estariam presentes de maneira única, separada e, portanto, independente na linhagem germinativa, ou seja, seriam as unidades de herança particulada (FALK, 1986; KELLER, 2002). Johannsen faz referência a um conceito abstrato relacionado à ideia de "fatores" ou "elementos" de Mendel e o "gene mendeliano" pode ser entendido como uma unidade instrumental de cálculo para expressar a regularidade da transmissão de caracteres fenotípicos em cruzamentos (FALK, 2010). Ao cunhar o termo gene, Johannsen, tinha como objetivo marcar uma ruptura com os preconceitos de seus antecessores. Keller (2002), afirma, no entanto, que é preciso mais que uma nova palavra para fazer uma ruptura completa com o passado:

Os determinantes de Weismann e os pangenes de de Vries eram ainda os percurssores diretos do gene, e, inevitavelmente, alguns dos preconceitos subjacentes a esses conceitos anteriores foram conservados. Os genes eram unidades hipotéticas, mas como seus antecessores, eram entidades particuladas (o próprio Mendel chamava seus fatores de *element*). Além disso, qualquer que fosse sua composição – na verdade, mesmo para aqueles que pensavam no gene como nada mais que um recurso contábil - a capacidade para transmissão fidedignade geração a geração permanecia embutida na própria noção, como por definição (p. 32)

Um grande marco na história da ciência foi o nascimento da genética clássica na primeira metade do século XX. Porém, saber que tipo de objeto poderia ser um gene, que poderia se reproduzir com "uma fidelidade tão marcante geração após geração" (KELLER, 2002) permanecia como questão.

De acordo com uma visão realista acerca do gene, que tem inicialmente como defensor Herman J. Müller, os genes deveriam ser assumidos como unidades materiais e não como meras unidades operacionais. Durante os primeiros anos da genética clássica, em grande parte da primeira metade do século XX, prevaleceu uma visão instrumentalista do gene como um conceito teórico. Foi considerado uma abstração, que era útil como unidade de cálculo nos cruzamentos mendelianos, para expressar regularidades nos traços fenotípicos, mas sem qualquer correspondência material clara (FALK 1986, EL-HANI 2005, SANTOS, 2008).

A trajetória pela qual os biólogos vieram a aceitar o DNA como material genético tem uma história longa e bem documentada, se iniciando com o trabalho de Avery, McLeod e McCarty, os quais demonstraram através de experimentação direta, que o DNA era o portador da especificidade biológica, pelo menos em bactérias. O ano de 1953 marca essa história, quando James Watson, Francis Crick, Maurice Wilkins e Rosalind Franklin publicaram os resultados de suas investigações que levaram à proposição de um modelo da estrutura físico-química em dupla hélice do DNA e anunciaram ter descoberto o “segredo da vida”. Desde esta proposição, o gene tem sido tratado “simultaneamente como matéria física e informação, uma substância química e um programa que governa a vida” (JOAQUIM *et al.*, 2007, p. 3). A descrição da molécula de DNA e os estudos que se seguiram permitiram a formulação do conceito molecular clássico de gene, no qual se entende o gene tanto como unidade estrutural quanto como unidade funcional.

Antes da biologia molecular, não se entendia de que maneira os genes produziam seus efeitos fenotípicos, apenas se sabia que os genes eram entidades nos cromossomos, que produzia variações hereditárias que seguiam padrões mendelianos de segregação. Inicialmente nada era conhecido sobre como eles causavam estes efeitos, e a genética era uma ciência quase alheia à fisiologia e à bioquímica. A investigação estrutural dos ácidos nucleicos e proteínas, considerada a característica mais proeminente da biologia molecular, permitiu a definição estrutural e a análise funcional dos genes como sequências de DNA que codificavam proteínas (BOTELHO, 2007).

Santos e El-Hani (2009) propõem que o gene como unidade de estrutura é entendido como: “um segmento contínuo cuja sequência de bases

codificantes não sofre interrupções; discreto, por ser uma unidade individual que não se sobrepõe a outros genes; com começo e fim bem definidos; e localização constante” (SANTOS; EL-HANI, 2009, s/p). Como uma unidade funcional, o entendimento dos genes é de que seriam capazes de “produzir um único polipeptídeo ou um único RNA, que, por sua vez, teria uma função única” (SANTOS; EL-HANI, 2009, s/p). Nesse contexto, estes autores destacam que a inserção de um discurso informacional na biologia acabou conformando o gene também como unidade que carrega informações em suas sequências de base, ou seja, um conceito informacional de gene, que é, muitas vezes, sobreposto ao conceito molecular clássico, que ficou conhecido como “dogma central da biologia molecular”, no qual se afirma que a passagem da informação genética segue do DNA para o RNA e daí para as proteínas.

Apesar da Biologia se consagrar como uma ciência autônoma, a formação dessa ciência como campo específico do conhecimento é recente, uma vez que até o início do século XX, segundo alguns autores, dentre eles Mayr (2005), a construção do conhecimento sobre os fenômenos do mundo vivo, ou seja, a Epistemologia da Biologia era baseada nas Ciências Físicas e Químicas, e a influência dessas ciências sobre as explicações biológicas contribuiu para a molecularização da Biologia, que poderia ser suficientemente entendida por meio da perspectiva molecular (ElHani, 2002).

Segundo El-Hani (2002), o DNA-centrismo conferiu um sentido mecanicista aos processos biológicos, robustecendo a concepção geral de que a biologia pode ser entendida sob um enfoque reducionista, principalmente associado à dimensão molecular. Nesse contexto, a biologia molecular ganhou tamanha autonomia dentro da Biologia que se tornou uma maneira geral e imprescindível de entender os fenômenos biológicos (El-Hani, 2002).

Assim, pode parecer que a esfera dos processos genético-moleculares é capaz de gerar e explicar toda a diversidade biológica existente. É fato que a perspectiva genética contribui para a profusão das formas orgânicas existentes. No entanto, a ideia de que a Biologia pode se restringir unicamente à molecularização dos fenômenos, prescinde a complexidade das ciências biológicas (OLIVEIRA; CALDEIRA, 2015).

Desde a década de 1950, a inclusão de um vocabulário informacional na biologia molecular e na genética procedeu em um discurso da informação

caracterizado pelo uso de termos e expressões como “informação genética”, “código genético”, “mensagem genética”, “sinalização” (KAY, 2000). Hoje, este discurso não é mais do que um conjunto de metáforas em busca de uma teoria que possa conferir-lhe sentido preciso (GRIFFITHS, 2001). O significado da expressão ‘informação genética’ não é claro à medida que constatamos a ausência de tal teoria da informação biológica, o que em certa medida não impediu que a visão informacional, na qual genes são tratados como unidades informacionais, se tornasse muito comum no ensino de genética e biologia molecular, nos discursos sobre genes em diferentes contextos sociais e até mesmo na comunidade científica (STOTZ *et al.*, 2004).

Pode-se afirmar que a palavra “gene”, desde que foi proposta, se refere a um dos conceitos mais importantes das ciências biológicas, embora nunca tenha existido na genética uma única definição deste termo universalmente aceita. Mesmo com a ausência de uma definição estável, o termo gene se tornou uma frutífera ferramenta científica. É considerado um ícone cultural e carregador de várias esperanças e promessas da medicina e da ciência, sendo que os vários significados deste conceito resultaram de debates e experimentos localizados em contextos históricos específicos (SANTOS, 2008).

Nelkin e Lindee explicam que o gene não é apenas um conceito científico, é um ícone cultural e poderoso símbolo social. Afirmam, ainda, que dentro da cultura popular, o gene parece explicar uma multiplicidade de características, da obesidade de humanos a estilos preferidos de se vestir. O DNA funciona como algo que é independente do corpo, imortal, fundamental para a identidade e com a capacidade de explicar a diferença individual, a ordem moral, e o destino humano. "Essas imagens populares transmitem uma imagem marcante do gene tão poderoso, determinista e central para a compreensão de ambos comportamento cotidiano e do "segredo de vida" (NELKIN; LINDEE, 2004, p. 2).

El-Hani (2007; 2016b) afirma que o conceito de gene tem sido um dos marcos na história da ciência no século 20 aos dias atuais, mas afirma também que existem dúvidas hoje em dia persistentes sobre o significado e contribuições deste conceito e que há reações negativas e positivas para o problema do gene, com o aparecimento de várias propostas de reformulação do conceito de gene nos últimos vinte anos. A interpretação clássica do gene

como unidade hereditária com estrutura, função e localização definidas não comporta os padrões de hereditariedade que começaram a ser descobertos. Assim, brota uma crise do conceito de gene, levando em consideração, que a expressão de um gene não ocorre de forma isolada e sim na dependência da estrutura do DNA, do ambiente celular e externo, o que demonstra que a definição de padrão de herança é muito mais complexa (JOAQUIM; EL-HANI, 2010).

Uma grande confusão entre gene molecular e gene instrumental foi gerada com a aceitação de uma visão realista sobre o gene, a partir da dupla hélice, levando à ideia de que o gene molecular fosse entendido como se determinasse fenótipos, e o dogma central da biologia molecular, anteriormente mencionado, quando introduzido teve papel importante na construção dessa leitura determinista, como mostra a apresentação do dogma como “DNA faz RNA, RNA faz proteínas, as proteínas nos fazem (EL-HANI, 2016b).

Joaquim e El-Hani (2010) trazem que debates sobre os conceitos de gene e informação são importantes tópicos na filosofia da biologia atual e, mais recentemente, na própria biologia. Diante da proliferação de significados atribuídos ao termo ‘gene’ e das dificuldades enfrentadas por este conceito para dar conta da diversidade e complexidade da arquitetura genômica, argumentam que o conceito de gene está em crise e demanda uma revisão conceitual. Sobre o conceito de informação, estes autores concordam que o atual estado do conceito de informação em biologia não é mais do que uma metáfora em busca de uma teoria que possa lhe conferir um sentido preciso.

O conceito de gene e toda a discussão de que o mesmo está em crise pode permitir a diminuição da visão determinista genética que tem sido muito difundida pela mídia. El-Hani (2007) destaca que apesar da crise do conceito de gene estar sendo amplamente discutida na literatura filosófica e também na comunidade científica, ainda predomina no Ensino de Biologia o conceito molecular clássico.

Joaquim e El-Hani (2010) alertam para a importância de termos lucidez de que a crise do conceito de gene refere-se, na verdade, a um modelo específico dos genes e de suas funções nos sistemas biológicos, expresso no chamado conceito molecular clássico, de acordo com o qual um gene é um segmento de DNA que codifica um produto funcional (polipeptídeo ou RNA).

Neste mesmo artigo, os autores abordam os estudos experimentais que conduziram às dificuldades enfrentadas pelo conceito molecular clássico de uma perspectiva histórica, com o intuito de entender como eles desafiaram esse modo usual de compreender o gene.

El-Hani (2007) propõe que:

Não se trata de elaborar um conceito de gene único e singular, o qual teria a difícil incumbência de dar conta da ampla diversidade de significados do termo encontrada na literatura. Trata-se, antes, de explicar com clareza o significado atribuído ao termo em diferentes contextos e delimitar os domínios de aplicação de cada conceito de gene (El-Hani 2007, p. 300).

O significado de um gene não está contido na sequência de nucleotídeos do DNA, argumentam El-Hani, Queiroz e Emmeche (2009), mas emerge como um processo que envolve o sistema pelo qual os genes são interpretados, incluindo a célula e, em uma série de casos, o ambiente supracelular. Nesse caso, os genes não estão dados no DNA, mas são construídos pela célula. Esta visão é, para esses pesquisadores, fundamental para o entendimento de que não é o DNA que controla a célula.

No cenário que envolve toda a polêmica em torno do conceito de gene, as duas últimas décadas do século XX merecem destaque. Com a genômica, os métodos de sequenciamento rápidos, eficientes e de baixo custo, as bases de dados de capacidade elevada, ocorreu a uma revolução em nossa compreensão dos genes, genomas, herança, sistemas celulares. A maioria desses avanços estiveram associados ao Projeto Genoma Humano (PGH) e aos demais projetos genoma. Os resultados desses projetos e de outros que seguiram a eles, como o projeto ENCyclopedia Of DNA Elements (ENCODE, 2004), trouxeram ainda mais desafios para o conceito molecular clássico de gene, na medida em que mostraram de uma maneira sem precedentes a complexidade estrutural e o dinamismo do genoma (EVANGELISTA, 2016). Os genes interrompidos, a emenda ou *splicing* alternativo, a sobreposição de genes e genes que se situam dentro de outros genes (genes aninhados, *nested genes*), a edição de RNAm e os modos alternativos de tradução (FALK 1986, 2000; KELLER 2000; MOSS, 2003; EL-HANI; QUEIROZ; EMMECHE 2006; EL-HANI 2007), são algumas das descobertas de destaque. El-Hani (2016b) nos leva a refletir que:

A compreensão atual dos sistemas genômicos nos distancia da visão poderosa que a dupla hélice e o dogma central da biologia molecular nos propiciaram, e nos lançam na aventura de encontrar uma nova visão, que seja igualmente poderosa.

Schneider e colaboradores (2001) afirmam que as inconsistências relativas ao conceito molecular clássico de gene demonstram a inviabilidade de uma definição única do gene como sequência estática e bem demarcada no DNA, e que na literatura atual, encontram-se diferentes definições de gene, cada qual utilizada em determinado contexto de pesquisa e/ou área de interesse.

De acordo com El-Hani (2016b):

Hoje, na metade da segunda década do século XXI, o conceito de gene segue sendo largamente usado na ciência e é uma palavra comum em diversas linguagens sociais do tempo presente. Mas ele tem sido objeto de preocupações diversas. De um lado, um discurso simplista sobre genes se integrou ao imaginário social, à mídia e à opinião pública, mostrando-se cada vez mais apartado da compreensão científica sobre a complexidade dos sistemas genômicos e de suas relações com o desenvolvimento, a construção de fenótipos e, em nossa espécie, a experiência humana. De outro lado, há dúvidas persistentes sobre o poder explicativo e a fertilidade desse conceito, diante da compreensão dos sistemas genéticos que emergiu da pesquisa biológica das últimas três décadas, em particular, na chamada era pós-genômica (p. 3).

Moore (2008) destaca que, embora biólogos e filósofos da ciência concordem que apenas os genes não podem determinar as formas de traços biológicos e psicológicos, é lugar comum que estudantes, jornalistas e outros membros do público em geral continuem a abraçar o determinismo genético. A impressão é que a simples compreensão do que os genes realmente fazem não leva necessariamente à rejeição do determinismo genético, porque apesar das provas em contrário, até mesmo alguns biólogos continuam a escrever como se os processos de desenvolvimento pudessem ser geneticamente determinados (GEHRING, 1998 apud MOORE, 2008). É provável que existam vários fatores que contribuam para a convicção forte das pessoas de que os genes podem produzir deterministicamente pelo menos algumas de nossas características.

A compreensão emergente de como os genes interagem com os fatores durante o desenvolvimento é extremamente complexa e, portanto, talvez menos atraente a esses indivíduos. No entanto, outras pessoas podem achar difícil superar uma lição aprendida quando jovens, particularmente quando uma

apreciação profunda de como traços realmente se desenvolvem é melhor obtida com a exposição a dados empíricos de muitos campos, incluindo a embriologia, as neurociências e a psicologia do desenvolvimento, para citar apenas alguns (MOORE, 2008).

Existem muitas razões para que alunos, jornalistas, cientistas sociais e públicos em geral não familiarizados com os fatos atuais da biologia sejam céticos quando ouvem pela primeira vez que os genes não podem determinar as formas de características biológicas simples e as principais fontes deste ceticismo, segundo Moore (2008), incluem: (1) exposição prévia a professores que afirmaram que os genes podem determinar algumas características; (2) exposição a meios de comunicação social, relatórios sobre estudos (que incluem estudos sobre gêmeos e de adoção) que, quando simplificados, parecem apoiar alegações de determinismo genético, e (3) observações pessoais do desenvolvimento de características que parecem não ser afetadas pelas experiências. Em contraste, parece improvável que a simples ignorância dos fatos relevantes da biologia deva ser considerada a principal fonte de ceticismo neste caso, porque, se assim fosse, então deveria ser capaz de convencer um cético de que os genes não podem produzir características como cor do cabelo, alcoolismo, altura ou câncer de mama simplesmente explicando o que fatores genéticos fazem durante o desenvolvimento: isto é, forneça uma porção de informações necessária para sequenciar proteínas. No entanto, explica que esta é uma coisa que os genes realmente podem contribuir para o desenvolvimento geralmente não levar imediatamente a aceitação da ideia de que os genes não conseguem operar de forma determinista.

Com base nos argumentos acima expostos relacionados ao determinismo genético, presentes fortemente nas concepções de herança, algumas categorias e compromissos da matriz estão pautados nesse sentido. O tema epistemológico “fator causal da herança”, com a categoria “determinismo por partícula” e com o compromisso de que na herança a importância causal maior é dada às partículas que carregam o potencial para o desenvolvimento de traços fenotípicos do que aos demais fatores envolvidos. Para o tema epistemológico “unidade de herança” essa ideia é apoiada, por exemplo, na categoria “entidades particuladas” que atribui à herança

justamente essas partículas auto-reprodutoras como responsáveis pela transmissão de toda a informação necessária para especificar as características de um organismo. Para o tema epistemológico “mecanismo causal da herança”, está a categoria “herança particulada” que tem o compromisso de explicar a herança pela mediação e/ou controle por partículas que são transmitidas para a prole do mesmo modo como foram herdadas da geração anterior.

Segundo Pitombo, Almeida e El-Hani (2007), ainda sobre o determinismo genético, não se trata, contudo, de uma situação na qual a responsabilidade possa recair apenas sobre jornalistas e divulgadores científicos. Os autores apontam que:

A comunidade científica tem certamente sua parcela de responsabilidade e o compromisso com a ideia de que genes seriam unidades bem demarcadas no genoma é parte das razões pelas quais os cientistas têm contribuído para a proliferação de visões deterministas e distanciadas da complexidade dos genomas e, em termos mais gerais, dos sistemas vivos (p. 88).

Moore (2008) propõe que talvez a re-conceitualização de noções como “genes” e “natureza” finalmente permita aos alunos e ao público em geral abandonar o determinismo genético que os biólogos reconhecem agora como indefensável. Mas independentemente, propõe que uma educação eficaz sobre estas questões, sem dúvida, permitiria entender por que a crença no determinismo genético tem persistido tanto tempo diante de evidências que indicam que esta não é uma maneira construtiva de pensar sobre o surgimento de fatores biológicos e características em desenvolvimento.

Trazendo de volta a abordagem do preformacionismo, anteriormente abordado, Botelho (2007) considera que o século XX, mais do que o século do gene, como proposto por Keller (2002), foi o século da pré-formação. Este autor indica que desde a compreensão da existência de um material hereditário, no fim do século XIX, passando pela operacionalização mendeliana, até a formulação molecular contemporânea, a biologia foi guiada pelo pressuposto de que existem partículas que controlam a hereditariedade e o desenvolvimento, e durante esse século de hegemonia, a perspectiva preformacionista orientou a construção dos modelos da genética clássica e da genética molecular. Nesse sentido, BOTELHO (2007) nos traz que:

A contextualização celular do gene colocou em questão os modelos que representam (i) o DNA como uma imagem codificada das proteínas e (ii) o desenvolvimento como uma sequência linear de ativação gênica. Estas duas suposições formam o que chamei de versão moderada do preformacionismo molecular. O DNA não codifica caracteres, nem o genoma possui uma planta do organismo. Contudo, existe uma versão forte do preformacionismo molecular. Ela resulta da noção subentendida de que a genética molecular revelou a estrutura físico-química do gene instrumental da genética clássica. Misturando as duas teorias, a versão forte atribui ao DNA a capacidade de produzir um caráter fenotípico e ao genoma a prefiguração da forma adulta (p. 110)

De acordo com Botelho (2007), explicar o desenvolvimento não é explicar o papel dos genes no desenvolvimento, é entender um sistema de fatores que interagem em diferentes níveis dos processos de morfogênese e diferenciação. O autor acredita que expondo e desconstruindo o preformacionismo sutil da genética molecular clássica e o substituindo por um modelo estritamente epigenético, que considere o caráter sistêmico, hierárquico e contingente do desenvolvimento, obtém-se uma maneira mais adequada de teorizar a constância e a transformação dos seres vivos.

É nesse contexto que o determinismo genético se apresenta como um problema importante, de grande alcance e relevância social. A cada nova descoberta passa-se a entender mais sobre a complexidade dos sistemas genéticos e de suas interações com fatores epigenéticos e ambientais, mas, ainda assim, prevalecem e povoam os discursos as crenças determinísticas genéticas.

Carver e colaboradores (2017) informam que parece estar em curso uma mudança geral dentro da comunidade científica de uma compreensão mais determinista para uma compreensão mais probabilística da relação entre genes e traços. Para isso mostram em seu artigo, na figura 3, que à medida que passamos de um modelo "um-para-um" (determinístico) para um modelo "multifatorial" (probabilístico) da relação entre genes e traços, fatores ambientais e epigenéticos são vistos como desempenhando um papel mais importante no desenvolvimento de traços e doenças.

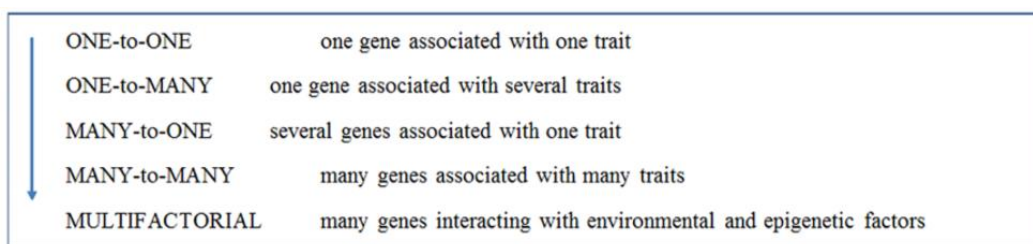


Figura 3. Da compreensão determinística à probabilística sobre genética e genômica. Fonte: Carver *et al* (2017):

A pesquisa em genética evoluiu para genômica e a compreensão de genes e genomas e de como eles se relacionam com o desenvolvimento, traços fenotípicos, fisiologia celular, entre outras características, mudou radicalmente, deixando claro que a ação e a função do gene devem ser concebidas como incorporadas em vários níveis hierárquicos, nos quais a regra são as interações entre componentes e redes complexas (SMITH; ADKISON, 2010; MEYER; BONFIM; EL-HANI, 2013).

Smith e Adkinson (2010) trazem que um conceito central de genética moderna, mesmo antes da era Genômica Moderna, é que a determinação do fenótipo final é tipicamente multifatorial, ou seja, uma variedade de fatores, tanto genéticos como ambientais, determinam o fenótipo final de um indivíduo: “a capacidade de um organismo para exibir um caractere/fenótipo específico é tipicamente determinada por uma combinação de vários genes que podem interagir de várias maneiras e o grau em que essa característica é expressa é determinado pelo meio ambiente” (p. 10).

A ideia de que variações não genéticas, ou seja, que são de natureza epigenética, adquiridas durante a vida de um organismo podem na maioria das vezes ser transmitidas às próximas gerações, indicam que as ideias deterministas genéticas perdem forças no momento em que se evidencia que a dinâmica celular e orgânica é muito mais complexa, sendo dependente de fatores ambientais e celulares.

De acordo com Lamm (2014), os organismos herdam vários tipos de informações de desenvolvimento e pistas de seus pais e indica que o estudo dos sistemas de herança visa identificar e classificar os diversos mecanismos e processos de hereditariedade, os tipos de informação hereditária transmitida

por cada um, a interação funcional entre os diferentes sistemas e as consequências evolutivas dessas propriedades.

Lamm (2014) propõe que padrões de herança e, eventualmente, dos mecanismos de herança, que vão além da herança genética (JABLONKA; LAMB, 2005; SAPP, 1987), já é de conhecimento dos biólogos há um tempo, e aponta dois argumentos fundamentais que levaram a essa conclusão: argumentos baseados em observações sobre padrões de herança e argumentos relacionados à localização de fatores hereditários dentro das células. Os argumentos do primeiro tipo foram baseados em relações hereditárias e padrões de herança que não obedecem às regras da herança mendeliana (por exemplo, herança materna), e sobre o segundo, baseia-se em observações de fenômenos hereditários que pareciam depender de fatores que residem no citoplasma das células, em vez de no seu núcleo, onde o material genético está localizado. Hoje, sabe-se que algumas dessas observações estão relacionadas à herança (materna) de organelas que residem no citoplasma, como as mitocôndrias e os cloroplastos, organelas que carregam seu próprio DNA, entretanto, isso não abrange todos os mecanismos subjacentes à herança citoplasmática.

Em seu artigo, que trata dos sistemas de herança, Lamm (2014) discute diferentes visões que envolvem a herança: a) visões de monismo⁵, como a tendência de ver a herança biológica como consistindo de um único canal de transmissão e entendendo que este canal envolve a herança de informação genética codificada no DNA, frequentemente referida como "genocentrismo"; b) visão holística, que propõe a abordagem da Teoria dos sistemas de desenvolvimento (TSD) (*DST* em inglês) (GRIFFITHS; GRAY, 1994; 2001), como "holística" no seu tratamento da herança. A TSD aplica a noção de herança a qualquer recurso de desenvolvimento que esteja presente de forma confiável em gerações sucessivas e que seja parte da explicação da similaridade entre gerações (GRIFFITHS; GRAY, 2001); c) visão de múltiplos sistemas de herança, que identificam e classificam vários mecanismos e processos de herança, os tipos de informação hereditária que são transmitidos

⁵ Concepção segundo a qual a realidade é constituída por um princípio único, um fundamento elementar, sendo os múltiplos seres redutíveis em última instância a essa unidade (LAMM, 2014).

por cada um, a função e a interação dos diferentes sistemas e as consequências evolutivas destas propriedades.

Lamm (2014) aponta que as opiniões contemporâneas sobre a evolução que enfatizam o papel de múltiplos sistemas de herança foram grandemente influenciadas pelo trabalho de Eva Jablonka e Marion Lamb (JABLONKA; LAMB, 1995; 2006), em particular os seus argumentos sobre o papel evolucionário da herança epigenética.

Segundo Lamm (2014), um argumento comum a favor do tratamento da herança genética como tendo um papel único no desenvolvimento é a alegação de que os genes desempenham um papel informativo, não compartilhado por outros recursos de desenvolvimento hereditário. A visão holística da herança articulada pela Teoria dos Sistemas de Desenvolvimento minimiza o significado da ideia de que a herança deve ser concebida como a transmissão de informações entre gerações. Em particular a TSD usa o chamado argumento de paridade para rejeitar a visão de que o DNA é exclusivamente informacional enquanto outros recursos herdados apenas fornecem suporte material para leitura ou interpretação de DNA (GRIFFITHS; KNIGHT, 1998).

Botelho (2007) propõe a PSD (Perspectiva dos Sistemas Desenvolventais) com um esclarecimento sobre sua denominação e seu status enquanto entidade teórica. Informa que a PSD é mais conhecida como TSD, no entanto, a designação *teoria* tem sido criticada, e a principal crítica é que a PSD não oferece diretamente modelos para os cientistas testarem experimentalmente. Ele argumenta que este tipo de crítica é pertinente, pois de fato, a PSD não fornece modelos ou mecanismos para a hereditariedade e o desenvolvimento, e afirma que os propositores, Oyama, Griffiths e Gray (2001) *apud* Botelho (2007) reconhecem que a PSD seria definida de modo mais preciso como uma *abordagem* ou *perspectiva*, como um “pano de fundo” conceitual que serve para orientar empreitadas empíricas e teóricas mais específicas.

Em geral, eles optam por preservar a denominação teoria, pois ela já foi estabelecida pelo uso (GRIFFITHS; GRAY, 2004; OYAMA, 2006 *apud* BOTELHO, 2007). A PSD é vista como uma tentativa de tornar explícito um conjunto de pressupostos ontológicos e metodológicos que orientam e sugerem uma maneira de pesquisar uma classe de fenômenos biológicos, e propõe que

ela é um arcabouço alternativo à perspectiva preformacionista e genecêntrica da genética molecular clássica.

Botelho (2007) indica que o marco inicial da PSD é o livro de Susan Oyama, “The Ontogeny of Information” (OYAMA, 1985) e que esta obra caracteriza-se por um olhar estritamente epigenético sobre os fenômenos de constância, mudança e variação dos seres vivos. O objetivo central, nesse contexto, é romper com a dicotomia entre natureza e criação que permeia as explicações destes três fenômenos, sendo que a proponente se opõe aos pressupostos de que a constância genealógica dos seres vivos é devida a uma essência genética interna, que a mudança ontogenética é causada por um plano interno e a mudança filogenética pela ação externa selecionadora, e ainda, que as causas da variação possam ser divididas em herdadas e adquiridas.

Para esses argumentos acima expostos, alguns temas epistemológicos anteriormente citados trazem outras categorias que estão presentes na matriz, organizando a polissemia do conceito de herança. Alguns desses temas e categorias são: a) tema “fator causal” com a categoria “paridade causal” em que se atribui igualmente a importância a diferentes fatores causais, sejam eles, genéticos, ambientais e epigenéticos à herança e ao desenvolvimento de traços fenotípicos; b) tema “mediador da transmissão da herança”, categoria “sistema desenvolvimental”, que tem o compromisso de que os atributos dos indivíduos envolvem uma variedade de recursos que são passados de uma geração para outra, estando assim disponíveis para a reconstrução do ciclo de vida do indivíduo.

Todos os temas propostos, bem como as categorias e compromissos estão abordados no capítulo V, que tem como propósito trazer considerações sobre as fontes de dados analisadas na organização da polissemia do conceito apresentar e descrever a ferramenta teórico metodológica denominada “Matriz semântica”, um passo metodológico fundamental para a constituição das zonas do perfil de herança aqui proposto.

3.2. A gênese do conceito de herança biológica na literatura em ensino e aprendizagem de genética

As pesquisas em concepções alternativas e mudança conceitual, mencionadas anteriormente, constituem importante fonte de dados para o estudo da gênese de um conceito científico no domínio ontogenético e é a partir da análise dessa literatura que é possível investigar, por exemplo, como as ideias sobre determinado conceito evoluem ao longo da história dos sujeitos individuais, e, no caso do presente contexto, como se dá a construção do conceito de herança biológica neste domínio.

Os estudos cujo objetivo era investigar o ensino e aprendizagem de genética foram realizados, em sua maioria, seguindo uma tendência de pesquisa em ensino de ciências, presente nas décadas de 1980 e 1990, o chamado movimento das “concepções alternativas”, que tinha como propósito investigar as ideias que os estudantes apresentavam sobre os fenômenos naturais e suas possíveis explicações (RADFORD; BIRD-STEWART, 1982; STEWART, 1983; THOMPSON; STEWART, 1985; WOOD-ROBINSON, 1994; BANNET; AYUSO, 1995; SOLOMON, 1996).

A partir da década de 90, o foco das pesquisas sobre ensino e aprendizagem de genética se volta para o desenvolvimento e a avaliação de novas estratégias de ensino fundamentadas no modelo de mudança conceitual proposto por Posner e colaboradores (1982). Esse modelo tem o pressuposto básico de que, ao aprender ciências, os alunos devem ser levados a romper com o conhecimento cotidiano, com conceitos anteriores e princípios relacionados às suas visões de mundo, pois, segundo essa proposta, esses poderiam ser obstáculos para a aprendizagem de ciências, temática anteriormente abordada. Alguns dos estudos baseados nesta perspectiva, em ensino de genética podem ser vistos, por exemplo, em: WOOD-ROBINSON (1994); TURNEY (1995); VENVILLE e TREAGUST (1998); SOLOMON e JOHNSON (2000); VENVILLE (2004); KNIPPELS; WAARLO e BOERSMA (2005).

O fracasso deste modelo de mudança conceitual como substituição conceitual trouxe consigo novas tentativas de se explicar a aprendizagem de conceitos. A noção de substituição conceitual se estabeleceu quando se

privilegiava como verdade soberana a conceituação científica. Estas investigações sobre concepções alternativas e as estratégias de ensino baseadas na mudança conceitual passaram a sofrer, desde a década de 1990, inúmeras críticas, fundamentadas em argumentos de natureza filosófica e pedagógica, ver por exemplo: Cobern (1996); Mortimer (2000); El-Hani e Bizzo (1999; 2002).

Essas críticas foram estimuladas em parte pelos dados empíricos produzidos por pesquisas realizadas, ao longo das décadas de 1980 e 1990. As tentativas frustradas de intervenções via conflito cognitivo, na alteração e mudança dos conceitos prévios dos estudantes mostraram que boa parte dos alunos retornava às suas concepções prévias alguns meses após os episódios de ensino (COBERN, 1996; MORTIMER, 2000). É nesse cenário que começaram a surgir, em meados dos anos 1990, novas abordagens na pesquisa sobre ensino e aprendizagem de ciências, que rumavam na direção de compreender as dimensões sócio-interacionistas e socioculturais implicadas na construção de conhecimentos na sala de aula (COBERN, 1991; 1994; 1996; EL-HANI; BIZZO, 2002).

Neste contexto, em vista dessa crítica, a pesquisa desenvolvida por Mortimer (1994; 1995; 2000) com o objetivo central de detectar e descrever a evolução das explicações atomísticas para os estados físicos da matéria, entre estudantes da oitava série do primeiro grau e sob suspeita inicial da convivência de diferentes compreensões, mostrou que essas concepções iniciais no processo de ensino não eram substituídas pelos novos conceitos, o que abriu a perspectiva para a ideia de perfil conceitual, mais precisamente o modelo de mudança de perfis conceituais. Nela o estudante não abandona necessariamente suas concepções prévias, substituindo pela concepção científica, mas existe uma coexistência de concepções em um mesmo indivíduo, as quais estão distribuídas em diferentes zonas do perfil conceitual (MORTIMER, 1995; 2000).

Sem a pretensão de esgotar a revisão, serão apresentadas algumas contribuições, consideradas significativas, destas pesquisas, para o nosso estudo, tanto no que se refere aos procedimentos metodológicos, especificamente usados para a construção dos instrumentos, (questionários, roteiro para entrevistas e roteiro para grupo focal) para obtenção dos dados

empíricos, como para a identificação de compromissos ontológicos, epistemológicos e axiológicos que estabilizam diferentes modos de pensar e formas de falar o conceito de herança biológica.

Considerando a genética um campo da ciência de onde derivam todos os principais conceitos da biologia, pois se propõe a explicar a característica mais fundamental de um organismo, que é a sua capacidade de se replicar, Moore (1986) a aponta como a disciplina integradora de todos os conceitos que envolvem as grandes áreas, a saber: biologia evolutiva, do desenvolvimento, sistemática, ecologia, morfologia e fisiologia. Tendo em conta a sua importância na estrutura conceitual das ciências biológicas, e dada a sua relevância social e econômica, que envolve implicações tecnológicas e éticas, em paralelo, o seu ensino, tem sido um dos tópicos mais investigados pelos pesquisadores na área de ensino de biologia, dadas as inúmeras dificuldades associadas a essa temática (STEWART, 1983; BANET; AYUSO, 2003).

Cid e Neto (2005) consideram a genética, tema imprescindível a qualquer base conceitual para a compreensão da evolução dos seres vivos e da própria biologia, constituindo um campo paradigmático para a ilustração de muitas das dificuldades e problemas de aprendizagem.

As informações obtidas em visita a esta literatura serão abordadas aqui nesta seção, e nesse contexto será possível esboçar possíveis percursos na gênese do conceito de herança biológica no que se refere ao domínio ontogenético. Em alguns trechos é possível identificar eventos microgenéticos, que se refere, Sepulveda (2010) a eventos nos quais ocorre uma “mudança qualitativa no desenvolvimento de um processo psicológico, ou a eventos de desdobramentos de um ato perceptual e conceitual individual” (p. 442). Será feita também uma relação entre alguns conjuntos de dados provenientes dessa literatura e temas epistemológicos, categorias e compromissos presentes na matriz semântica apresentada no capítulo 5.

Rodriguez (1995) afirma que as investigações em ensino de genética foram escassas nos anos setenta e pesquisas pioneiras como a de Johstone e Mahmoud (1980) e de Finley, Sterwart e Arroch (1982) mostram, na percepção dos alunos, os temas genéticos como os mais difíceis e segundo os professores do Ensino Médio, os mais importantes de se ensinar em Biologia. Os resultados desses trabalhos desencadearam um aumento das pesquisas

relacionadas ao ensino de Genética nos anos seguintes, tanto no que se refere a concepções alternativas dos estudantes, como sobre a dificuldade destes na resolução dos problemas envolvendo herança biológica. Cho, Kahle e Nordland (1985) sugerem que muitas das concepções alternativas são devidas, em alguma medida, aos conteúdos apresentados por livros didáticos.

A literatura em ensino de genética mencionada aqui nessa seção, considerando a época em que a maioria das pesquisas foi desenvolvida, retrata um contexto DNA-centrista, que atribui um sentido mecanicista aos processos biológicos, que reforça a ideia geral de que a biologia pode ser compreendida sob um enfoque reducionista associado à dimensão molecular. Assim, a herança biológica fica comumente restrita à herança genética, deixando de ser entendida a partir de uma perspectiva muito mais ampla, resultado das muitas interações e complexidades que envolvem o fenômeno.

As pesquisas desenvolvidas que envolvem a compreensão do fenômeno da herança e aspectos do ensino de genética abrangem várias faixas etárias: crianças nos primeiros anos de escolaridade (SOLOMON *et al.*, 1996), estudantes a partir dos 14 anos de idade, ao final dos anos de escolaridade obrigatória (BANET; AYUSO, 2000; LEWIS; KATTMANN, 2004; TSUI; TREAGUST, 2003; VENNVILLE; TREAGUST, 1998), estudo envolvendo crianças de 9 a 14 anos de idade (VENNVILLE; GRIBBLE; DONOVAN, 2005) e até adultos que em algum momento participaram de aconselhamento genético. Considerando este público-alvo, como um exemplo de pesquisa nacional de importância para a nossa investigação, está o trabalho desenvolvido com membros de famílias acometidas por doenças genéticas de comunidades rurais do Nordeste brasileiro (SANTOS; BIZZO, 2005; SANTOS, 2005), que será mencionado em alguns trechos ao longo deste texto.

Com o objetivo de identificar as concepções de estudantes, com faixa etária entre 11 e 13 anos, em Recife, sobre o modo pelo qual ocorre a transmissão de características fenotípicas e comparar essas concepções com as concepções dos cientistas ao longo da história da biologia, Calazans, Cruz e Teixeira (2003), apresentaram um cenário envolvendo um casal, sendo um homem negro e uma mulher branca, com o seu primeiro filho negro e questionaram sobre quem tinha transmitido as características para a criança. Esses autores observaram que 30% dos alunos pesquisados acreditavam que

as características do casal se misturavam dando uma característica intermediária entre os pais.

Ainda nesse estudo, os alunos também cogitavam a possibilidade de ambos os pais terem contribuído para o surgimento das características do filho sendo 6,6% afirmando que a mãe contribuía mais e melhor e 23,4% acreditavam que o pai demonstrava uma dominância maior de suas características sobre as da mãe, e ainda afirmando que a responsabilidade total da formação do indivíduo seria do pai (10%) e 6,6% seria de responsabilidade da mãe. Assim, os autores concluem que mesmo reconhecendo a presença dos gametas masculino e feminino para a transmissão de características, os alunos ainda acreditam que um dos parceiros possui um "poder" maior do que o outro na transmissão de características, e relembram a ideia dos "ovistas", que acreditavam ser o óvulo o responsável pelo novo ser, uma teoria preformista, sendo que, no sentido oposto, encontravam-se os "espermistas", que acreditavam ter um pequeno ser em miniatura dentro dos espermatozoides (MAYR, 1998).

Nessa mesma pesquisa foi questionado como as características eram passadas de pais para filhos, e 53,2% dos alunos afirmaram ter sido por meio dos gametas, mas eles não sabiam justificar como os processos ocorriam ou quais as funções dos gametas para tornar possível a herança. Já 17% deles afirmaram que a mãe contribuiria com "pedaços" de seus órgãos para a formação do novo ser, e 29,8% afirmaram que as características são transmitidas através do sangue, (CALAZANS; CRUZ; TEIXEIRA, 2003) mostrando assim, semelhança com a teoria da Pangênese, que afirmava que cada órgão de um organismo vivo, produziria partículas hereditárias chamadas gêmulas (MAYR, 1998).

Banet e Ayuso (1995) constataram que os alunos acreditam que as células que possuem o material genético se localizam no sangue e no sistema reprodutivo, comumente o masculino. Lewis, Leach e Wood-Robinson (2000a), quando perguntaram: "onde, em seu corpo, os genes são encontrados?" constataram que cerca de um quarto dos sujeitos investigados indicou que os genes se localizam apenas em células ou tecidos específicos, por exemplo, o sistema reprodutivo masculino.

O livro de Santos (2005), “Para geneticistas e educadores: o conhecimento cotidiano sobre herança biológica” se constitui numa importante pesquisa nacional, pois mostra achados que podem interessar aos profissionais engajados nos serviços de aconselhamento genético e também aos educadores interessados em compreender a origem das concepções alternativas que envolvem o fenômeno da herança. Com o objetivo principal de verificar se existiam modelos explicativos particulares difundidos entre os membros de famílias nas quais são encontradas doenças genéticas na Bahia e no Rio Grande do Norte, a autora encontrou uma explicação genérica sobre a herança de anomalias hereditárias em ambas as comunidades familiares pesquisadas e mostrou que a maioria dos informantes reconhece a transmissão material das deficiências ao longo das gerações, sendo que, para esses membros, “o problema” é hereditário e está presente no sangue de todos os membros da família, podendo afetar, portanto, qualquer um deles. Estas famílias são caracterizadas por elevada frequência de casamentos consanguíneos e por muitos indivíduos afetados pela síndrome de SPOAN⁶.

Além disso, Santos (2005) afirma que os entrevistados em ambas as famílias se reportaram à origem da doença na família usando um modelo de contaminação, afirmando que um ancestral específico teria contraído sífilis, a qual seria responsável pela origem das deficiências. A sífilis teria contaminado o sangue da família e seria a causa das anomalias. Os membros da família do Rio Grande do Norte acreditavam que um ancestral específico, o “velho Maximiniano”, teria sido contaminado por uma doença responsável pelas deficiências físicas transmitidas ao longo das gerações. Esta compreensão se explicita quando os entrevistados dizem, por exemplo, “*isso vem lá dos troncos velhos*”; “*isso é lá da família dos Dias*”; “*isso vem da raça dos Dias*”. Alguns dos entrevistados afirmaram mais precisamente que as deficiências provieram de

⁶ A síndrome de SPOAN (Spastic Paraplegia, Optic Atrophy, Neuropathy) foi batizada pelo Dr. Fernando Kok e caracterizada na época como uma nova forma de paraplegia espástica associada a atrofia do nervo óptico e neuropatia periférica explicada pelo mecanismo de herança autossômica recessiva. Silvana Santos em sua tese de doutoramento descreveu a doença de uma família que acompanhou, como uma forma de ataxia por se basear no diagnóstico até então existente. Em 2004 a autora fez uma incursão a municípios potiguares para realizar uma avaliação clínica de outros indivíduos afetados da família e para colher material biológico com o intuito de iniciar o mapeamento do *locus* gênico associado a essa doença e pouco tempo depois conseguiram mapear o *locus* e neste ano estavam em busca da identificação da mutação a qual em dose dupla acarreta a manifestação da doença (SANTOS, 2005).

uma sífilis que o “*velho Maximiniano*”, um “*homem desses raparigueiro*”, teria adquirido. Além disso, uma entrevistada tinha a lembrança de que as deficiências teriam surgido na família porque o “*velho Maximiniano*” tinha apenas um testículo. A autora destaca que, apesar da grande distância geográfica existente entre as comunidades amostradas na sua pesquisa, ambas explicam o surgimento das doenças genéticas baseado em um ancestral determinado que teria transmitido sangue contaminado para seus descendentes.

Sobre a relação entre a sífilis e a hereditariedade, Jones (1996) aborda a possível origem da relação entre sífilis e hereditariedade:

No século XV, uma epidemia devastadora percorreu a Europa: “Em tempos recentes... infiltrou-se, a vinda dos cantos ocidentais da Gália, uma doença tão cruel, tão conflagradora, tão terrível, que até agora nada tão horroroso, nada mais terrível ou repugnante, foi alguma vez conhecido na terra”. Ninguém queria ter a responsabilidade de ter sido o causador da “Peste Grande”. O termo “sífilis” foi usado pela primeira vez pelo poeta veneziano Giramolo Fracastoro em 1530 numa balada em que um pastor com esse nome apanhou a doença. Esta foi a origem da ideia de que o sangue manchado deveria ser evitado a todo custo, tendo gerado a longa confusão entre infecção e hereditariedade (p. 40-41).

Santos (2005) afirma que as descrições encontradas nas comunidades pesquisadas se assemelham às explicações pertencentes ao universo cotidiano e aceitas pela comunidade científica há séculos atrás, até meados do século XIX, e destaca: “os indivíduos pertencentes às famílias brasileiras acreditam que um ancestral teria sido contaminado por sífilis (p. 44). Atualmente sabe-se que a sífilis congênita pode levar o indivíduo à cegueira, surdez ou retardo mental, e em estágios avançados, o doente pode inclusive manifestar paralisia dos membros e marcas na pele. Santos ainda destaca que é fundamental enfatizar que, no passado, esta doença foi entendida pela comunidade científica como um “mal hereditário”.

A existência de ideias sobre a “sífilis hereditária”, difundidas nas comunidades rurais poderia indicar duas origens distintas:

[...] por um lado, elas poderiam ter sido incorporadas a partir de um certo conjunto de conhecimentos científicos aceitos em um determinado tempo histórico. Os colonizadores que deram origem às comunidades rurais trouxeram essas ideias da metrópole, assim como os profissionais de saúde atuantes na região. Logo, existiram conhecimentos cotidianos sobre a “sífilis hereditária” difundidos nas comunidades europeias, os quais foram agregados pelas famílias em suas narrativas. Por outro lado, grupos de indivíduos altamente motivados com grande riqueza de conhecimentos sobre a doença

serviram como uma fonte de informação para os pesquisadores no passado, os quais poderiam ter incorporado em seus relatos científicos um certo conjunto de conhecimentos e evidências compartilhados pelas famílias. Neste caso, as ideias se originariam no seio das comunidades e seriam incorporadas aos relatos científicos, os quais, por sua vez, seriam difundidos para outras populações [...] (SANTOS, 2005, p. 45-46)

Em sua pesquisa Santos (2005) reuniu as narrativas das entrevistas coletadas não só com as famílias da Bahia e Rio Grande do Norte, como anteriormente mencionadas, mas também entrevistas realizadas com consulentes de um serviço de aconselhamento genético e outras entrevistas feitas por Bizzo (1998 *apud* Santos 2005). De posse desses dados a autora propõe que as explicações elaboradas pelas consulentes possuem características que possibilitam distingui-las ou agrupá-las em categorias. Assim, a classificação dos modelos explicativos, segundo as causas atribuídas pelas consulentes para explicar a origem da doença que acomete os filhos e familiares, segue a organização de uma chave dicotômica, como pode ser visto na figura 4.

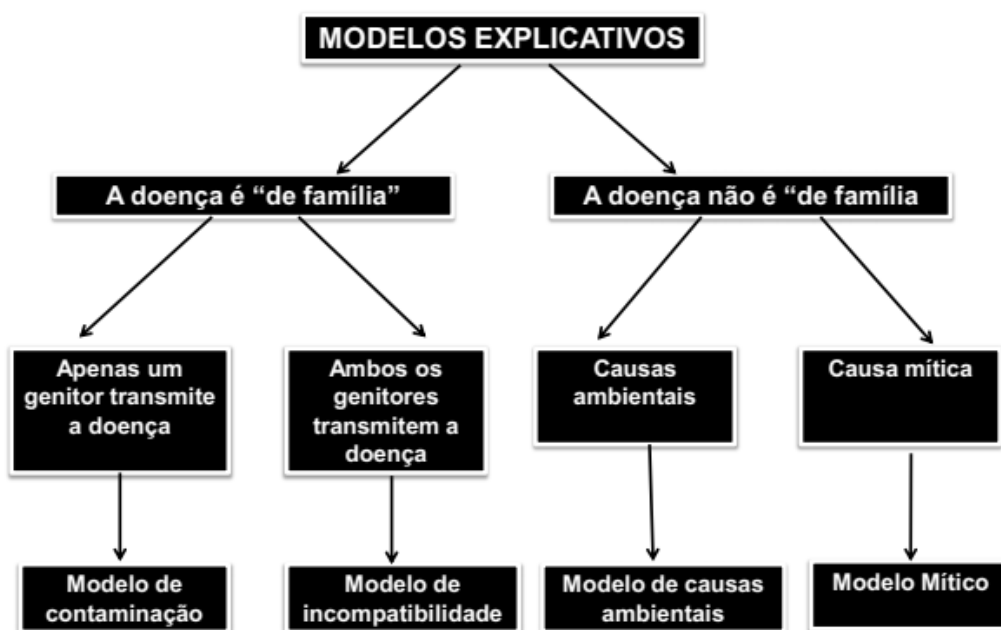


FIGURA 4. A diversidade de modelos explicativos para herança biológica. Fonte: Santos, 2005

As explicações encontradas poderiam partir da premissa de que a doença é hereditária ou não. Neste grupo estão presentes explicações cuja causa atribuída para o surgimento da anomalia é externa ao indivíduo e dessa maneira podem ser ressaltados aspectos ambientais, como quedas, doenças durante a gravidez, choques, sustos, etc. Também podem ser destacados aspectos míticos, como por exemplo, castigo divino, punição por algum erro ou pecado, e dessa forma é definido o modelo “causas ambientais” e o “modelo mítico”, respectivamente. Já os modelos explicativos pautados na ideia de que a patologia é “de família” ou hereditária, poderiam partir do pressuposto de que um ou os dois genitores são responsáveis pela transmissão da doença. Quando apenas um genitor transmite a doença, trata-se do “modelo de contaminação”. Quando ambos os genitores são responsáveis pela transmissão de algo para os descendentes, sendo a anomalia causada pelo encontro ou embate de algo presente no sangue paterno com algo materno, então refere-se ao “modelo de incompatibilidade ou quebra-cabeça”. E ainda destaca que há situações em que os indivíduos utilizam informações oriundas da escola, mas que ainda mescla com outros conhecimentos, trata-se do modelo “sincrético”⁷.

A partir daqui farei uma breve caracterização dos modelos propostos por Santos (2005), bem como ilustrarei com trechos das entrevistas realizadas pela autora:

a) Modelo mítico – a doença é explicada como pena, castigo ou prova divina. Uma espécie de sacrifício que os pais têm que passar independente de qualquer causa material transmissível para as futuras gerações. A autora ressalva que na amostra não foram encontrados modelos pautados exclusivamente nessas premissas e que muitas vezes os consulentes se contradiziam, aceitando e negando hipóteses dessa classe, como está ilustrado no excerto abaixo, de uma mulher católica praticante, casada com um primo de primeiro grau e com dois filhos cegos devido a retinite pigmentosa, doença de herança autossômica recessiva:

⁷ Santos (2005) propõe que ao agrupar indiscriminadamente ideias de diferentes campos de produção de conhecimento, os indivíduos elaboram explicações sincréticas. Ressalta assim que o sincretismo significa a associação indiscriminada de ideias originárias em distintos campos de conhecimento, as quais se entrelaçam ou se associam em uma explicação.

...Ai veio uma carta do Papa. Ai eu casei sossegada, se o Papa deu ordem, né? Não é pecado. E nem me passou pela cabeça que poderia ser por causa do sangue... Então, nisso ai eu vou ter que acreditar no que meu pai dizia que seria um castigo. Será que é castigo? Mas eu não acredito que seja castigo. Eu não acredito porque Deus não castiga. Eu não acredito porque Deus não castiga. Então, eu vou mais por esse lado. Como eu não entendo, então vou mais para esse lado, do genético. (trecho da entrevista com a consulente, extraído de Santos, 2005, p. 74)

b) Modelo de causas ambientais – Nesse caso os eventos ambientais acarretam o surgimento de doença. São descritos “problemas de parto”, alcoolismo, nervosismo da mãe causado por agente externo, etc. A autora ilustrou com explicações que atribuem falha médica ao surgimento das doenças:

..., Tem uma irmã do meu pai que também é casada com primo e tem outra irmã do meu pai. Essa minha tia, ela não tem filhos, e ela pegou uma menina para criar. Só que, quando ela pegou a menina, tinha uma moça que ajudava a cuidar. Ai, um dia a moça derrubou a menina de uma janela bem alta também. Ela não regula muito bem, ela fica pelada, sabe? Ai minha tia ficou viúva e cuida dela sozinha. Então, a outra minha tia, ela tem um filho que não anda... Só que ai, quando ele nasceu, ele era normal. Ai ele nasceu com um caroço na cabeça e o médico cortou, sabe? Cortou o caroço da cabeça dele. Diz o médico que encheu de água a cabeça dele e ela ficou grande. Ai, ele só fica deitado, nem sentado ele não fica. O peso da cabeça dele... Ela é mais pesada que o corpo. E a filhinha dela que nasceu também com esses caroço, só que ela não deixou tirar. Então ela não tem problema nenhum. (trecho da entrevista com a consulente, extraído de Santos 2005 p. 75)

c) Modelo de Incompatibilidade ou “quebra-cabeças” – As características dos indivíduos seriam análogas a peças de um quebra-cabeça, durante a fecundação, não se encaixariam perfeitamente gerando a doença e as pessoas costumam dizer que a doença teria sido causada pela mistura do mesmo tipo de sangue dos progenitores durante a cópula. E por serem incompatíveis, a mistura de sangue dos pais acarretaria o aparecimento de alguma deficiência na criança.

Para uma das entrevistadas nessa pesquisa, e ilustrando o modelo acima as anomalias surgem porque *“juntou os dois sangues que não batem, sei lá. Eu acho que o meu sangue e o dele são iguais, por isso que não dá certo”* e o sangue do homem estaria dentro do espermatozoide:

[...] por causa do sangue dele, ai vem o dele que junta com o meu, ai já dá o processo, a criança vai ficando, tipo esse problema dela, que não desenvolveu o pulmão. Eu não sei se é verdade, que eu não vi, né? Ai o pulmãozinho gera, não gera um dedinho, não geram um intestino, um coração. (Mas porque não gera?) Por causa do nosso sangue que não bate! Eu penso assim que é isso. É tipo assim: eu acho que, não sei também, porque nunca ninguém me explicou. Eu acho que meu sangue é igualzinho o dele. Não tem sangue que é igual? A positivo e outro positivo. O meu é O e o dele é A. (trecho da entrevista com a consulente, extraído de Santos 2005 p. 78-79)

Desde que eu me casei, que seria alguma coisa do tipo o sangue seria igual ou diferente. Só que não é isto. Sabe, o tipo sanguíneo? Só que não é isso. O máximo que eu cheguei a formalizar em biologia, foi uma coisa assim, tão primária, tipo... Sei lá... Nós vamos gerar uma criança e o sangue dele tem alguma incompatibilidade com o meu. Um destrói o outro, alguma coisa assim... (trecho da entrevista com a consulente, extraído de Santos 2005 p. 78).

d) Modelo de contaminação – A doença genética teria sua origem em um ancestral longínquo cujo sangue teria sido contaminado por algo, por uma doença venérea como a sífilis, por exemplo. Nesse caso o sangue contaminado causaria deficiências transmissíveis ao longo das gerações, entretanto, a transmissão se daria por apenas um dos genitores.

A autora informa que o modelo explicativo de uma consulente agrega elementos do cotidiano às informações recebidas durante as sessões de aconselhamento:

Para a consulente, no seu sangue, existiriam duas bolinhas pretas que seriam como um vírus, um sangue forte que “puxa a contaminação”. Essas bolinhas pretas causariam a ictiose, uma doença que acarreta a descamação contínua da pele. Seus irmãos não afetados possuiriam duas bolinhas, uma branca e outra preta, assim o sangue seria mais fraco e, por isso, eles não manifestariam a doença. Ela aceita a consanguinidade como causa para a presença da anomalia na família, expressando crenças como a impressão materna – sua mãe teria reparado nos pés tortos de um boneco e por isso uma de suas irmãs teria nascido assim. Além disso, ela acredita que a ictiose é transmissível para a prole através do sangue contaminado. As bolinhas presentes no espermatozoide seriam transmitidas para a mulher, na qual também haveriam bolinhas no útero ou em outro lugar onde se forma a criança. É interessante a justificativa usada pela consulente para negar a origem epidérmica de sua doença: (SANTOS, 2005, p. 79).

[os médicos] falam que eu não tenho nada no sangue, que essa doença é da pele, só que tipo eu, quando eu uso creme. Se eu não tenho a doença no sangue, eu passo aquele creme, aí vamos supor, solta aquela camada grossa. Se é uma coisa que não vem de dentro, porque não acaba? Se a gente passasse aquilo... É tipo uma ferida, né? Se a gente passa aquele remédio, melhorou, acabou. Só que não é o caso, né? Se eu não tenho nada no sangue, então de onde é que ela cria? De onde ela tem força para sair de novo? Porque, por exemplo, meu rosto hoje ele está assim. Eu estou usando um creme. Só que de onde ela sai novamente e começa tudo de novo? Isso é que não entendo exatamente porque é assim. (trecho da entrevista com a consulente, extraído de Santos 2005 p. 79-80).

Ainda sobre a ideia do sangue como veículo, nesse caso, mediador da transmissão da doença, a autora mostra no trecho de entrevista, abaixo, a ideia de diluição da contaminação presente no sangue ao longo das gerações:

Eu imagino assim... Um balde de água, aí você vai dividir aquela água em vários potinhos, em partes iguais. Só que ela sempre, mesmo que você misture com outra coisa, ela sempre vai ter aquela [contaminação]... Aquela mesma formação que saiu daquele pote grande, entende? Ela não vai sumir toda, entende? Ela sempre vai estar

lá, nem que seja um pouquinho. Aquela outra quantidade que foi mais [no pote grande], mas ela vai sempre tá ali. Então é assim que eu imagino, que no sangue deve ser a mesma coisa. Nem que venha dos outros, só que não acaba. O sangue sempre vai estar ali, da mesma família. Ai seria o caso de chegar a ter essa informação. Eu não sei se estou certa nos meus pensamentos... Mesmo que você misture com outras coisas, não vai tirar totalmente. Ele vai estar sempre lá, nem que seja um pouquinho. (trecho da entrevista com a consulente, extraído de Santos 2005 p. 80).

O relato de uma criança de nove anos de idade que cursava a terceira série do Ensino Fundamental I, em São Paulo, coletado por Santos (2005) quando questionada sobre como ela acha que surgem os bebês, traz a ideia de que uma espécie de larvinha (espermatozoide) penetra no corpo da mãe, onde haveria uma “gosminha” (óvulo) e que do encontro da larvinha com a gosminha se formaria o embrião. Além disso, a criança entende que a mãe fornece os nutrientes para a sobrevivência do embrião, contudo os órgãos mais importantes do embrião seriam originados a partir da larvinha paterna:

O homem dá a larvinha e a mãe coloca o líquido, né? Um fortalecedor, um líquido. O que a larvinha vai virar? A larvinha vai virar uma bola. Primeiro a forma, a cabeça. A bola vira a cabeça. Ai conforme a mãe vai comendo, a bola diminui e as outras partes viram o tronco. Depois os membros, os dedinhos, as mãozinhas, os olhinhos... Olha, a maioria das coisas, cabeça e tronco, vem da larva. E os membros, ouvido, olhos, nariz, a boca vem da gosma. As partes mais importantes vem da larva que é a cabeça e o tronco. (trecho de entrevista com uma criança, extraído de Santos 2005 p. 118).

Em um trecho de entrevista realizado com uma educadora do Ensino Fundamental, também consulente de serviço de aconselhamento genético, pois é casada com um primo de primeiro grau, ela explica porque crianças deficientes nascem em maior proporção entre casais consanguíneos, conforme excerto abaixo:

Eu até pensei no sangue... Eu pensei no tipo de sangue. Eu fiz exame de sangue e ele também. Eu até perguntei para o médico se não dava para saber pelo tipo de sangue. Ele me disse que era muito pouco para saber. Não dá para saber pelo tipo de sangue se vai ter problema ou não vai ter. Eu sou A negativo, ele é A positivo. Meu pai é A negativo e eu sou A negativo igual a meu pai. E ele é A positivo igual à mãe dele. E a mãe dele é irmã do meu pai. Será que é isso? O sangue é o mesmo. Só que um é negativo e o outro é positivo, mas eu puxei a meu pai e ele à mãe dele. Eu fico mais preocupada, mas é com isso... Eu puxei o meu pai e ele a mãe dele. E aí o medo, você não sabe se tem outras coisas ligadas. Se o sangue não tiver nada a ver com o problema da criança, eu não consigo entender que outra coisa pode ser... Eu nem sei bem dizer como eu penso, como é o corpo por dentro, que ninguém nunca explicou. Ou porque o sangue realmente não tem a ver. Eu até tento imaginar o que tem dentro do espermatozoide, como ele carrega tudo isso. (trecho de entrevista com uma educadora, extraído de Santos 2005 p. 122)

A partir dos dados acima abordados é possível identificarmos pelo menos seis possíveis temas epistemológicos em torno dos quais têm sido

gerada polissemia e variação conceitual: (1) o caráter ontológico da herança - concebido em termos de características que são herdadas dos antecessores; (2) a categoria “impressão materna” relacionado ao tema “axiologia – que concebe que o comportamento da mãe pode afetar diretamente a fisiologia da reprodução e causar danos ao feto; (3) contribuição parental para a herança - relacionado às categorias “contribuição exclusiva”, que atribui o desenvolvimento de traços fenotípicos à contribuição de apenas um dos genitores, e “contribuição diferencial”, com atribuição diferente de ambos os genitores; (4) mediação de transmissão da herança aos fluidos corporais dos progenitores e especificamente ilustrado nos dados anteriores, o sangue como mediador; (5) natureza da herança – com destaque para a herança tênue (*soft inheritance*), a qual admite a plasticidade do material genético, sendo que as características oriundas de condições às quais os genitores estão expostos durante a vida podem se transmitidas às gerações seguintes; (6) mecanismo da herança – mistura - que atribui a fusão completa dos materiais hereditários, tendo como evidência clara, presente nos dados, a mistura do sangue dos progenitores, o qual conteria as características que seriam passadas através das gerações.

Em um trabalho considerado clássico em ensino de genética, desenvolvido na Espanha, Banet e Ayuso (1995), ao buscar pelas concepções prévias dos alunos que pela primeira vez entram em contato com o ensino formal de Genética, puderam observar que existe uma concepção predominante, na qual apenas os gametas conteriam todas as informações hereditárias e as células somáticas teriam apenas as informações necessárias à sua função específica. Ao comparar estes dados com os obtidos com alunos próximos do término do ensino formal de Genética, os autores puderam observar a conservação das concepções espontâneas, e apontam como causa a ausência de relação entre os conceitos de divisão celular com os de transmissão de características hereditárias.

Esta literatura em ensino de genética aponta principalmente as dificuldades apresentadas pelos investigados no que se refere à compreensão dos elementos envolvidos na herança, a natureza do material genético e sua dinâmica de transmissão, expressão, interações e alterações, noções importantes na explicação do fenômeno da herança biológica e reconhecidos

como conteúdos curriculares centrais no contexto da “biologia escolar” (SOLOMON, 1996; LEWIS; LEACH; WOOD-ROBINSON, 2000 a, 2000 b; AYUSO; BANET, 2002; BANET; AYUSO, 2003; GOLBACH; MACEDO, 2008).

O processo de ensino e aprendizagem do conhecimento genético abarca temas complexos, com obstáculos epistemológicos próprios, destacam Bittencourt e Prestes (2011). Esses autores ressaltam ainda que os conteúdos da genética tais como gene, cromossomo, DNA, entre outros, requerem um alto grau de abstração dos estudantes e indicam que a História da Ciência pode ser uma ferramenta de ensino que poderia auxiliar a transpor essas dificuldades nesse campo. Cid e Neto (2005) abordam que as dificuldades dos alunos com a linguagem da genética são atribuídas ao fato dessa ser uma área caracterizada por um amplo e complexo vocabulário. Indicam, ainda, que o ensino da genética na escola lida com conceitos de nível molecular, o que requer um alto grau de abstração para a compreensão, sendo que, os alunos dificilmente conseguem estabelecer inter-relações entre o conhecimento científico trabalhado em sala de aula e seu cotidiano. Bizzo e El-Hani (2009) destaca, igualmente importante é a percepção de que o aprendizado de Genética e sua contextualização histórica são, muitas vezes, considerados pré-requisitos fundamentais ao ensino posterior dos mecanismos evolutivos.

Lewis, Leach e Wood-Robinson. (2000a) apontam que há problemas na percepção dos estudantes em estabelecer uma relação entre cromossomos, genes e a informação hereditária. Afirmam, ainda, que alunos próximos do fim da educação científica obrigatória da Inglaterra apontaram serem os genes maiores que os cromossomos e que esses estudantes fizeram pouca distinção entre a função dos cromossomos e a dos genes, e que muitos acreditavam que alguns organismos poderiam conter cromossomos sem informação genética. E ainda confundem os termos cromossomo/gene e célula/gene.

Um dos aspectos importantes e um requisito necessário para que os alunos iniciem o processo de compreensão do fenômeno da herança biológica seria situar a informação hereditária nos cromossomos contidos nas distintas células de um organismo. Nesse sentido Ayuso e Banet (2002) destacam que, ao serem questionados se certos grupos de seres vivos apresentam células, cromossomos ou genes, grande parte dos estudantes aponta que apenas o homem e alguns animais próximos a ele na escala evolutiva possuem tais

atributos e indicam que os alunos apresentam dificuldades em compreender a constância cromossômica nos indivíduos.

Silveira e Amabis (2003), investigando alunos da primeira e terceira séries do Ensino Médio de seis escolas em São Paulo para compreender como os estudantes relacionam os conceitos de localização e organização do material genético, mostram na sua pesquisa que a concepção de que todas as células possuem informação não é compartilhada por grande parte desses alunos, como ilustrado abaixo:

A002: *“Eu tenho certeza do óvulo. Ele tem DNA, é o DNA que vem da mãe, mas dos outros eu não tenho certeza... eu coloquei porque... eu não lembro...”* (trecho da entrevista de estudante, extraído de SILVEIRA; AMABIS, 2003, p. 8).

A003: *“Eu ouvi que elas não se reproduzem (sobre as células nervosas), então não sabia se tem DNA. (...) Eu acho que não possuem (sobre as hemácias), pois não se dividem mais. (...) Elas têm (sobre células do estômago), pois elas precisam do DNA para fazer o suco gástrico.*

(trecho da entrevista estudantes, extraído de SILVEIRA; AMABIS, 2003 p.8).

Santos (2005), ao analisar a explicação de uma consulente, professora do Ensino Fundamental entrevistada no serviço de aconselhamento genético, casada com primo de em primeiro grau, mas ainda sem filhos, mostra que ela cita o termo “gene”, porém não sabe dizer o que seria essa estrutura e onde ela se localiza no corpo do indivíduo, e assim é possível verificar como explicações cotidianas ancoram o modelo explicativo da consulente:

“Genes. Eu imaginava assim que eles estivessem dentro do corpo da mulher. Não sei em que parte do corpo. E aí iria transmitindo, passando para a criança. No caso da mulher... Eu acho que no espermatozoide devem essas informações, como são as características dele. Ali dentro você tem o gene, não sei, estaria ali dentro. Aí ele puxou ao pai porque predominou os genes do pai e não o meu. Ter puxado a ele e não a mim. Ah, é difícil imaginar isso”. (trecho da entrevista com a consulente, extraído de Santos 2005, p. 122)

Souza e Leyser da Rosa (2000) propõem que para que alunos egressos do Ensino Médio possam interpretar e se posicionar sobre as novidades científicas e tecnológicas na área de genética humana e sua importância para a formação do cidadão, é fundamental que estejam familiarizados com os mecanismos que explicam o fenômeno da herança. Bahar e colaboradores (1999), em pesquisas realizadas com alunos universitários após o estudo de tópicos de genética constataram que esses nem sempre conseguem estabelecer as associações que os professores esperariam.

Segundo Venville e Treagust (1998) a maioria dos alunos completa cursos introdutórios de genética com uma visão de um gene com sendo uma partícula ativa que pode influenciar as características de uma forma desconhecida. Foi encontrado também que alguns estudantes não diferenciam um gene de uma característica (VENVILLE; TREAGUST, 1998; LEWIS; KATTMAN, 2006), e mesmo quando os alunos já tiveram acesso às informações sobre a estrutura do DNA e a síntese de proteínas, não conseguem, na maioria das vezes, estruturar estas informações de forma coesa e muitas vezes aprendem detalhes minuciosos do código genético, transcrição e tradução, não entendendo que as proteínas têm um efeito sobre o fenótipo através das várias vias bioquímicas (VENVILLE; TREAGUST, 2002).

Para os alunos construírem uma estrutura conceitual coerente que lhes permita uma melhor compreensão da genética e da hereditariedade, necessitam de alcançar um nível de compreensão elevado da relação entre estruturas básicas, em particular da ligação física entre genes e cromossomos, devendo isso ser tornado explícito pelos professores, pois só assim os alunos poderão compreender claramente o modo como, por exemplo, os processos da mitose, da meiose e da fecundação resultam numa continuidade de informação genética dentro e entre organismos (LEWIS; LEACH; WOOD-ROBINSON, 2000).

Em pesquisa com o objetivo de analisar a compreensão de crianças de 9 a 15 anos de idade, acerca de conceitos básicos de genética e como estes conceitos estão integrados a teorias mais amplas de biologia, Venville, Gribble e Donovan (2005) usaram um método de estudo de caso transversal para investigar entendimentos de herança e conceitos básicos de genética molecular como gene e DNA. Como parte dos resultados, encontraram que mais de três quartos de todos os alunos, (76%), se referiram espontaneamente a genes ou DNA quando solicitados a explicarem por que descendentes tendem a assemelhar-se a seus pais. Outros estudantes disseram que já tinham ouvido falar de genes ou DNA quando as palavras foram introduzidas pelo entrevistador. No trecho abaixo, quando o entrevistador solicita uma explicação para a semelhança de cães aos seus pais, uma estudante responde relacionando herança a genes, após estímulo do entrevistador:

Entrevistador - O que você acha que faz os cachorros parecerem com seus pais?

Vesna - Hum , porque esse cão não seria parecido com outro cachorro porque a mãe provavelmente não se parece, então ele vai crescer para se parecer com seus pais em vez de outros cães.

Entrevistador - Sim, por que, o que os faz parecer com seus pais?

Vesna- Eu não sei exatamente, mas eles provavelmente gostariam de ter a mesma cor e eles provavelmente têm narizes semelhantes e eles crescem assim.

Entrevistador - Você mencionou genes antes.

Vesna - sim.

Entrevistador : Você acha que ele tem alguma coisa a ver com os genes ?

Vesna : Hum , provavelmente, porque eles são muito semelhantes e eles têm bebês que recebem genes de seus pais e não de outros cães. (trecho da entrevista com o estudante Kevin, extraído e traduzido livremente de Venville; Gribble; Donovan, 2005 p. 623).

Ainda nessa pesquisa de Venville; Gribble; Donovan (2005), em outra entrevista, quando questionado sobre o por que os descendentes se assemelham aos pais, Kevin, de onze anos se referiu ao sangue e DNA, no entanto, revelou que ele não tinha uma compreensão do que é o DNA e o que ele faz.

Entrevistador - Por que você acha que os filhotes, ou os jovens como seres humanos, bem como cachorros, têm as mesmas características que os adultos?

Kevin - Hum, porque eles têm o mesmo tipo de sangue e tudo mais, ou algo assim.

Entrevistador - Como você acha que o sangue faz-lhes a mesma aparência?

Kevin - Porque como quando nasceram eles receberam as coisas de sua mãe, o que significa que eles iriam crescer como sua mãe e seu pai.

Entrevistador - E o que são essas coisas, você acha, que começa a partir de sua mãe e pai?

Kevin - DNA e tudo mais assim.

Entrevistador - O que você acha que DNA é?

Kevin - Eu não tenho certeza

Entrevistador - Você sabe onde ele se encontra ?

Kevin- No seu sangue.

Entrevistador - Ok e o que ele faz, o que o DNA faz para que os cachorros pareçam com seus pais ?

Kevin - Hum, não tenho certeza .

Entrevistador - É um pouco complicado, não é? Tudo bem. Você já ouviu falar de genes?

Kevin: - Sim.

Entrevistador - O que você sabe sobre os genes ?

Kevin - Bem, eu ouvi falar sobre eles, mas eu realmente não sei muito sobre eles.

Entrevistador - Você sabe alguma coisa sobre eles , afinal?

Kevin - Não

(trecho da entrevista com o estudante Kevin, extraído e traduzido livremente de Venville; Gribble & Donovan, 2005 p. 622).

A maioria dos estudantes investigados em pesquisa desenvolvida por Lewis e Wood-Robinson (2000) foi capaz de identificar os genes como detentores da informação hereditária, mas não apresentavam uma compreensão clara dos genes como "... entidades físicas com uma localização específica num cromossomo" (p. 181).

Em investigações para verificar o conhecimento sobre a localização dos genes e DNA, Abril, Muela e Mayonal (2003) verificaram que a maioria dos estudantes não conseguia explicar a localização dos genes e quando questionados sobre a localização do DNA, muitos relataram estar no sangue.

Assim, é possível destacar que termos de forte conotação científica como cromossomos, genes, alelos, dominância, recessividade, são empregados pelos estudantes, mas suas respostas, encontradas em várias investigações, deixam claro que não há a compreensão dos processos de divisão celular, localização, estrutura e função do material genético e o estabelecimento da sua relação com a transmissão de caracteres hereditários (CABALLER; GIMÉNEZ, 1993; BANET; AYUSO, 1995, 1998).

Sobre os genes, Joaquim e El-Hani (2010) afirmam que esses se tornaram objetos epistêmicos, considerando a grande plasticidade que envolve este termo e que deve ser definido pelo contexto experimental em que é usado, e entendê-lo como um “segmento de DNA” tem suas raízes nas compreensões do conceito construídas ao longo do século XX, o que pode ser fator relevante no “quadro conceitual das dificuldades que enfrentamos para dar conta da complexidade e da dinâmica do genoma” (JOAQUIM ; EL-HANI, 2010, p.123).

Mesmo diante dos debates que envolvem o conceito de gene, considerado um conceito em crise (FALK, 2000; KELLER, 2000; EL-HANI, 2007, 2016), é possível se questionar se esta seria a abordagem adequada dos genes, porém, o grau de dificuldades enfrentadas pelos estudantes, nas pesquisas acima relatadas, está muito distante, por exemplo de discussões contemporâneas que envolvem o conceito de gene.

Segundo Silvério e Maestrelí (2011), nesta relação, em que pesa a veiculação e a “didatização” do conceito de gene de um espaço/tempo distinto daquele em que foi criado, parece haver condições para considerar a existência de um obstáculo epistemológico, identificado em seu aspecto funcional, quando se observa o tratamento deste conceito nos processos de ensino e aprendizagem de genética escolar.

Ao se referir ao conceito de gene, El-Hani (2017) afirma que:

Um dos conceitos mais fundamentais da genética, gene, é entendido de modo fundamentalmente diferente na genética clássica (que se ocupa dos padrões de herança observados em cruzamentos e genealogias ou heredogramas, genética molecular (que tem como

foco a análise de moléculas de DNA e seu processamento pelas células) e genética atual (caracterizada por uma compreensão cada vez maior dos genomas). Essas mudanças de significado do gene tornam difícil sua compreensão pelas pessoas, incluindo professores e estudantes que estão ensinando e aprendendo genética. As dificuldades aumentam muito quando se ensina genética de uma maneira que não é informada histórica e filosoficamente, em particular, quando não se ensina abordando explicitamente modelos construídos ao longo da história dessa ciência.

Os conteúdos da genética escolar se apoiam fundamentalmente em torno do gene como um conceito central. Este conceito é abordado e tratado de diferentes formas nas pesquisas que referenciam o conhecimento biológico, mas na escola está entre os tópicos que apresentam maior dificuldade de compreensão pelos alunos (JUSTINA; FERRARI, 2010).

Gericke e colaboradores (2014) aponta evidências de problemas referentes ao conceito de gene tanto na ciência escolar quanto na compreensão pública da ciência, sendo que do ponto de vista educacional, muitas são as dificuldades para ensinar sobre genes por conta principalmente da predominância do conceito molecular clássico, que domina a ciência por décadas, da perspectiva do determinismo genético (KELLER, 2000; NELKIN; LINDEE, 2004).

De acordo com Santos e El-Hani (2009), três definições de genes são, em geral, largamente encontradas em livros didáticos de Genética e Biologia Celular Molecular de diferentes níveis de ensino, são elas: a) o conceito mendeliano de gene; b) o conceito molecular clássico e c) a concepção informacional. Estes conceitos também se mostram presentes no discurso sobre genes que tem marcado nossas sociedades na última década, induzindo a visões sobre a relação entre genes e características fenotípicas que perdem de vista a complexidade dos sistemas vivos e se comprometem com ideias deterministas que não têm sustentação frente ao que se sabe hoje sobre aqueles sistemas.

El-Hani (2017) considera que um dos fatores para que o determinismo genético siga forte na sociedade reside no modo como a genética tem sido ensinada: tipicamente inicia-se com a genética clássica, na qual o gene é determinante de fenótipos, sem que seja informado que se trata de um modelo particular, e também com gene visto de maneira instrumental, o que é

fundamental para a validade da premissa do determinismo, que simplifica a relação entre genótipo e fenótipo. À medida que se avança no estudo da genética, em algum momento o gene se torna molecular e passa a residir no DNA, sem que seja apresentado um mínimo da história. Assim, um modelo híbrido, no qual a combinação do determinismo instrumental da genética clássica e da imagem realista do gene molecular favorece uma visão determinista do papel causal do gene no desenvolvimento do fenótipo, que passa a ser predominante ou até mesmo exclusiva.

A experiência de um professor quando trata de assuntos relacionados à herança biológica em sala de aula pode mostrar que muitos termos como, por exemplo, DNA, cromossomos e genes fazem parte do repertório dos estudantes para dar explicações para o fenômeno da herança, e estão espalhados na linguagem cotidiana (NELKIN; LINDEE, 2004), entretanto os significados atribuídos na maioria das vezes se distanciam do conhecimento científico. Wood-Robinson (2000) constatou uma grande confusão nas relações entre genes e cromossomos e apontam que a dificuldade enfrentada pelos estudantes está muito distante de discussões contemporâneas sobre genes.

Ao pesquisar sobre o determinismo genético nos livros texto de biologia do Ensino Médio na Finlândia, Aivelo e Uitto (2015) encontraram que estes livros expressam, às vezes, um forte determinismo genético, que pode estar ligado ao domínio de modelos históricos mais antigos nos livros didáticos. Também encontraram instâncias de determinismo que chamaram de "determinismo fraco", e neste caso, os genes foram descritos como fator mais importante do que o ambiente em relação às propriedades expressas e não foram encontrados modelos de genes modernos. Nesse sentido, sugerem que os modelos de genes devem ser apresentados explicitamente para reduzir os equívocos sobre os genes. Argumentaram, ainda, que o ensino de genética precisa tratar os efeitos ambientais e deve haver mais ênfase no aspecto temporal e de desenvolvimento do vínculo genótipo-fenótipo.

O ensino de Genética tem sido criticado por apresentar deficiência na problematização CTS, ciência-tecnologia-sociedade (GOLDBACH; EL-HANI, 2008). É um conteúdo conhecido por envolver um aprendizado complexo (WOOD-ROBINSON *et al*, 2000) e uma das grandes dificuldades encontradas é o amplo vocabulário, a complexidade e a especificidade, somados à

dificuldade na compreensão e diferenciação dos conceitos envolvidos (CID; NETO, 2005).

Sardinha, Fonseca e Goldbach (2009), em trabalho que parte do pressuposto que a “genética escolar” agrega problemas de natureza diversa, considerando a literatura de ensino de genética, destacam que os discursos dos pesquisadores podem ser categorizados em três tópicos: a) abordagem fragmentada; b) abordagem descontextualizada e c) abordagem desatualizada. Com base nesses tópicos, fazem um levantamento mais amplo de trabalhos relacionados ao ensino de genética e temáticas afins nos Anais dos eventos da Área de Ensino de Ciências (ENPEC – Encontro Nacional de Pesquisa em Educação Científica) entre 2001 e 2007, que consiste justamente na seleção e análise de trechos relacionados à fragmentação, descontextualização e desatualização.

Considerando, ainda, a análise dos vários trabalhos acima mencionados, Sardinha, Fonseca e Goldbach (2009), sobre o primeiro eixo da discussão, a fragmentação, identificaram:

[...] a fragmentação do ensino de genética como tema recorrente no discurso dos professores; esta se deve, principalmente 1) à dificuldade de retomar-se os conteúdos ligados à natureza químico-estrutural do DNA no ensino da hereditariedade, gerando dificuldades de compreensão, 2) à rara integração dos níveis molecular, celular e fenotípico e das influências destes micro e macro ambientes na expressão gênica, gerando concepções deslocadas da realidade e 3) à tradicional visão linear do conhecimento científico, muitas vezes transposta para a escola, que traz entraves à abordagem dos conhecimentos prévios necessários ao ensino de genética (p. 9).

Tendo em conta a ideia de atualização no ensino de genética, Sardinha, Fonseca e Goldbach (2009) essa questão como parte de um tema plural e dinâmico que ultrapassa, por exemplo, a simples adição de conhecimento acadêmico nas novas edições de livros didáticos. Assim, ponderam que:

[...] configura-se em um mosaico que inclui, por exemplo, a formação de professores, a resistência ou a submissão à pressão dos conteúdos programáticos das provas de vestibulares, a possível necessidade de adequação aos Parâmetros Curriculares Nacionais (neste caso os PCNEM) e a candente importância da superação do determinismo genético (p.9).

Por fim, quando abordam sobre a descontextualização, esses autores constataram que a presença de muitos temas em genética que exigem um:

[...] posicionamento crítico da sociedade, leva à acelerada produção de um discurso midiático simplista, seja através da divulgação científica ou jornalística. As ideias errôneas, às quais os alunos são

expostos, geralmente perduram nas suas concepções, mesmo após a explanação do tema sob intermédio escolar. Portanto é essencial abordar-se a genética do cotidiano em sala de aula, afastando visões sensacionalistas e deterministas (p. 9).

Em uma investigação sobre metáforas usadas por textos de divulgação científica para tratar do DNA, dos genes e do genoma, Goldbach e El-Hani (2008) apontam que estas metáforas buscam esclarecer aspectos funcionais e estruturais dos genes, mas também suscitam uma série de dificuldades para a compreensão dos genes e de sua relação com os sistemas vivos, reforçando dificuldades já apontadas na literatura sobre ensino de genética. Seus resultados indicam uma série de questões que merecem discussão na educação científica e na literatura sobre ensino de ciências, na medida em que se relacionam a uma visão determinista do papel dos genes que tem penetrado substancialmente na mídia e na opinião pública, com consequências sociais, políticas, éticas e econômicas importantes.

Goldbach e El-Hani (2008) alertam para o necessário cuidado com as metáforas que são utilizadas para tratar dos genes, nos contextos do ensino de genética e de divulgação de ideias deste campo do conhecimento. Destacam que:

[...] temos um imenso desafio pela frente: propiciar aos nossos estudantes a possibilidade de construir um entendimento do papel dos genes como importantes elementos na vida das células, dos organismos e das linhagens, mas que operam no interior de redes de relações complexas, sendo atores e sujeitos dos processos relacionados com a manutenção, o desenvolvimento, o funcionamento e a reprodução dos sistemas vivos. Em particular, é cada vez mais necessário, no contexto contemporâneo, entender os genes para além do conceito molecular clássico, que reforça a ideia de uma unidade linear estrutural e funcional no genoma. É preciso, em suma, incorporar em nosso discurso sobre genes, seja na sala de aula, na mídia ou na divulgação científica, elementos que denotem a complexidade da estrutura e da dinâmica do genoma, sempre considerado em sua condição de parte de sistemas celulares muito complexos, inseridos, por sua vez, em sistemas supracelulares, no caso de organismos multicelulares. Faz-se necessário, por fim, entender o conceito de gene numa perspectiva histórica, de modo que professores e estudantes possam entender os diversos modelos que foram propostos para compreender a estrutura e a função dos genes ao longo do século XX, tanto em suas possibilidades, quanto em suas limitações (p. 180-181).

É possível relacionar esse conjunto de informações obtidas na literatura de concepções informais a três temas epistemológicos: (1) unidade de herança – associada à categoria “entidades particuladas”, na qual a herança é atribuída a partículas que transmitem toda a informação necessária à especificação das

características de um organismo; (2) fator causal - relacionado à categoria “determinismo por partícula”, que atribui importância causal maior às partículas que carregam o potencial para o desenvolvimento de traços fenotípicos que aos demais fatores envolvidos na herança e (3) mediador da transmissão da herança - células reprodutivas (gametas) como responsáveis por mediar os atributos dos indivíduos na transmissão através das gerações. Entretanto, os dados apontam para esses temas, categorias e compromissos sem que exista a devida compreensão pelos estudantes desses elementos que envolvem o da sua relação com o fenômeno da herança.

3.3. Uma análise do conceito de herança biológica presente nos dados empíricos coletados

A análise da literatura em ensino e aprendizagem de genética tem uma importância grande nesse contexto de pesquisa, em termos metodológicos, principalmente porque serviu de inspiração para construção de alguns cenários e também porque usamos muitos desses cenários presentes nessa literatura para compor os instrumentos de coleta de dados (roteiro de entrevista, questionário, grupo focal e roteiro de aula de genética), que podem ser vistos nos apêndices. Além dessa importância, essa literatura concedeu dados relevantes sobre a ontogênese e microgênese do conceito de herança biológica, como descrito na seção anterior.

Os dados empíricos coletados, principalmente no Ensino Médio, já mencionados em termos de caracterização das fontes e da sua natureza, no segundo capítulo, serão tratados nesta seção. A partir das transcrições na íntegra, desses dados: entrevistas, interações discursivas e grupo focal, com estudantes do Ensino Médio e análise dos questionários com estudantes do Ensino superior fizemos um recorte nesses dados, destacando os excertos considerados mais significativos para o momento de definição das categorias elencadas para os temas epistemológicos da matriz semântica, juntamente com as outras fontes de dados dos demais domínios genéticos.

As explicações dos estudantes, em entrevistas, questionários, grupo focal e em alguns trechos de interações discursivas, estão agrupadas por categorias de alguns temas epistemológicos: ontologia, fator causal, mediador de transmissão da herança, mecanismo da herança, pois consideramos que são importantes para a compreensão das narrativas construídas na explicação do fenômeno da herança biológica.

O processo de ensino e aprendizagem de ciências, de acordo com a teoria de perfil conceitual é concebido em termos de dois processos: (1) a evolução de um perfil conceitual, através da construção de novas zonas; e (2) a tomada de consciência pelos estudantes de seu próprio perfil e do domínio em que cada zona é aplicável (Mortimer, 2000). Um dos papéis fundamentais do professor para que o primeiro processo acima mencionado ocorra é a

identificação dos obstáculos ontológicos e epistemológicos⁸ à compreensão de um conceito científico a ser ensinado, bem como tornar explícita a existência de tais obstáculos e discutir com os estudantes as dificuldades encontradas para sua superação. Desse modo, o professor estará contribuindo nesse processo. Assim, nesta seção, ao longo da exposição dos dados, será possível perceber algumas dessas dificuldades e possíveis obstáculos ontológicos e epistemológicos encontrados.

Em termos ontológicos, quando questionados sobre a ideia de herança, com a pergunta: “o que é herança biológica?”, o que explica as semelhanças entre pais e filhos ao longo das gerações e a manutenção das formas, é possível perceber que há um predomínio em conceber a herança em duas categorias: na primeira a explicação da herança é baseada na ideia de “legado parental”, de que é tudo aquilo que se herda e se transmite ao longo das gerações, e na segunda categoria: “características” que são herdadas dos antecessores, aparece como dado encontrado tanto em estudantes da Educação Básica, quanto do Ensino Superior. Alguns mencionam a palavra “coisa”, fazendo referência às características fenotípicas e relacionam à fisionomia, por exemplo. Nesse contexto podemos dizer que a herança é designada como a característica em si, conforme evidenciado nos excertos abaixo:

Estudante 1 - São características passadas de outras gerações de sua família pra os outros seres que virão depois, por exemplo, os pais passam características para os filhos e assim por diante.

Estudante 2 - Pra mim herança biológica é você herdar uma coisa do seu avô, ou de sua avó, ou de seu pai, de sua mãe. É uma coisa tipo assim, física, de corpo, cor do cabelo, dos olhos. Porque o que mais o povo comenta, é a cor dos olhos. Pra mim é isso.

Estudante 3 - é uma coisa que a gente herda do nosso pai e da nossa mãe, porque a gente não herda só da nossa mãe e não só do nosso pai. É 50% do nosso pai e 50% da nossa mãe Herança biológica, no meu ver herança biológica tem a ver um pouco com as características, ou fisionomia da pessoa, com seus pais. É um termo muito vago.

Estudante 4 - Heranças que são herdadas, vamos supor, dos nossos pais que eu vou herdar tanto da minha mãe quanto do meu pai

⁸ Obstáculos epistemológicos e ontológicos correspondem a (1) ideias sobre o caráter de entidades, eventos e processos naturais que contradizem as características dos conceitos, das teorias e dos modelos científicos, de modo a torná-los contraintuitivos; (2) concepções sobre o modo como tais entidades, eventos e processos podem ser conhecidos que não estão de acordo com os pressupostos epistemológicos e as práticas de construção do conhecimento próprias da ciência.

Pesquisador - Quando você fala assim heranças que são herdadas. Herança é o que exatamente?

Estudante 4 - As características que vão determinar... porque tudo que eu tenho foi através dos meus pais. Foram características que foram passadas para mim.

Estudante 5 - Herança biológica, no meu ver herança biológica tem a ver um pouco com as características, ou fisionomia da pessoa, com seus pais. É um termo muito vago. No meu ver na parte de herança biológica mesmo, é a questão de fisionomia. Muitas vezes quando a pessoa nasce, lembra muito o pai ou a mãe, e esta questão do temperamento do filho que pode lembrar o do pai.

(Excertos de entrevistas com alunos do Ensino Médio).

Estudante 6 - É quando alguma característica dos nossos pais, das pessoas antigas da nossa família são passadas pra gente de geração em geração.

Estudante 7 - Acredito que herança biológica sejam heranças herdadas de nossos ancestrais, ou seja, características que vem passando de geração a geração sendo das genotípicas ou fenotípicas.

(Respostas ao questionário aplicado a estudante do Ensino Superior).

É possível notar em análise às respostas que a categoria “característica” para o tema “ontologia” é recorrente, sendo a palavra usada para designar características físicas e comportamentais, sem que seja mencionado o que estaria relacionado à sua manifestação. É importante ressaltar que a ideia de herança, até 1900, foi pensada como “receber características”. O próprio Mendel quando descreve o seu experimento, afirma “a característica é herdada”. A categoria “característica” também aparece no tema “Unidade de herança”, e nesse caso, o organismo herda o traço em si (a característica) que pode ser também um conjunto de características em miniatura, sendo que, na maioria das vezes está relacionado à contribuição exclusiva de um dos genitores, na maioria, a contribuição masculina prevalece. Essa ideia pode ser percebida em um trecho de entrevista quando ao aluno é apresentado o cenário do “homúnculo”, retratado na história no século XVII, e questionado sobre o que pensa daquele cenário (ver apêndice 2):

Pesquisadora - Observe a imagem. Você já viu essa imagem? O que essa imagem representa para você?

Estudante - Isso é um esperma, um espermatozoide.

Pesquisadora – Ok.

O entrevistador faz a apresentação do cenário (Apêndice 3)

Pesquisadora - Qual a sua opinião sobre essa explicação?

Estudante - Eles perceberam que tinha tipo um feto em miniatura, e aquilo ali ia, ia... a mulher ia fazendo o crescimento do feto.

Pesquisadora - E você acha o que disso? Concorda, discorda?

Estudante - É nova pra mim essa informação.

Pesquisadora - Você nunca tinha pensado sobre isso? O que é um espermatozoide para você?

Estudante - (risos) Deve ser algum trajeto que leva o feto, deve ser alguma coisa assim.

Pesquisadora - E o que você acha que tem no interior do espermatozoide?

Estudante - Deve ter não um, deve ter não, tem um feto lá dentro. É, se ele fica lá no ovário, deve ter algum feto lá dentro. Eles não iam correr à toa.

Pesquisadora – Certo.

Pesquisadora - O que faz o espermatozoide ser uma célula reprodutiva? Você acha que ele é uma célula reprodutiva, e o que faz ele ser uma célula reprodutiva?

Estudante – Acho.

Pesquisadora - E o que faz ele ser?

Estudante - pelo feto.

(Excerto de entrevista com alunos do Ensino Médio).

Como podemos observar no trecho acima descrito, é evidente a dificuldade do estudante em explicitar a compreensão do espermatozoide como célula reprodutiva mesmo com as questões formuladas pela pesquisadora tentando o estabelecimento de uma situação motivadora para o envolvimento do aluno na situação apresentada. Diante desse contexto, é muito pouco provável que o estudante aponte, por exemplo, um fator causal para o fenômeno da herança.

Em entrevistas realizadas e também em interações discursivas em sala de aula, foi possível evidenciar e relacionar algumas dificuldades apontadas pela literatura em ensino de genética (LEWIS; LEACH; WOOD-ROBINSON, 2000 a; AYUSO; BANET, 2002; BANET; AYUSO, 2003), como, por exemplo, a localização do material genético, o que em parte pode justificar o problema em entender o cenário acima e outros contextos. Abaixo trecho de entrevista que evidencia a dificuldade de localização do material genético:

Pesquisadora - Onde você acha que se encontra a informação hereditária para a cor dos pelos dos gatos?

Estudante - Nos pelos dos pais, do pai e da mãe;

Pesquisadora Onde você acha que se encontra a informação hereditária para a cor das penas das aves?

Estudante - Também

Pesquisadora – Tá, onde?

Estudante- Nas asas dos pais e das mães

Pesquisadora - Em que lugar?

Estudante - Nas penas

(Excertos de entrevistas com alunos do Ensino Médio).

Foi possível também constatar esta dificuldade nos dados coletados no grupo focal com alunos do Ensino Médio:

Pesquisadora – Onde você acha que encontramos a informação hereditária para a cor dos olhos?

Estudante 1 – Eu acho que a professora Maria falou que tá nos cromossomos.

Pesquisadora - Onde está estudante 2?

Estudante 2 – Não sei.

Pesquisadora – E você estudante 3?

Estudante 3 – Não sei

(Excertos de interações entre alunos do Ensino Médio às perguntas no grupo focal).

Podemos destacar um dado muito presente na literatura de concepções alternativas e que também foi encontrado em nossos dados empíricos, que é o estabelecimento da relação entre herança e sangue. Esta relação é também narrada na história do conceito, registrada na literatura de ensino de genética e disseminada na cultura de uma maneira geral. Nesse contexto é possível relacionar o mecanismo de herança envolvido, “herança por mistura”, associado ao sangue como “fluido mediador da transmissão da herança”.

Em minha experiência de prática de sala de aula, por quase duas décadas, sempre que é tratado, nas aulas de genética, o tema relacionado à herança do tipo sanguíneo, é possível constatar a presença de narrativas semelhantes à descrita, por exemplo, no trabalho de Santos (2005), tratado na seção anterior. Aqui nessa pesquisa, em vários momentos, tanto de entrevista, análise de interações discursivas, quanto do grupo focal com alunos do Ensino Médio, a ideia de incompatibilidade sanguínea relacionada à herança se fez presente. A seguir trecho extraído de transcrição do grupo focal que ilustra o que Santos (2005) descreve como modelo de incompatibilidade, ou quebra-cabeça, no qual as peças não se encaixariam principalmente por incompatibilidade sanguínea.

Estudante 1 – *Eu já ouvi muito falar nisso, que quando tem sangue igual, que a mãe tem que tomar uma injeção para o filho não nascer com algum tipo de deficiência*

Estudante 2 – *Eu já escutei quando o sangue é diferente.*

Estudante 3 – *Já ouvi que quando o sangue é igual, que se relacionam, que a criança pode nascer com um problema genético.*

Estudante 4 – *Minha mãe tem o sangue diferente do meu pai e ela teve que tomar injeção nas 3 gravidezes por que se não ia ter algum problema.*

Estudante 1 – *O de minha mãe é A positivo e de meu pai é negativo e não teve nada*

Estudante 5 – *Meu tio e minha tia tem o mesmo sangue e ela teve que fazer todo esse tratamento quando ela tava grávida do primeiro filho e agora teve que fazer novamente para que não tenha nenhum tipo de deficiência.*

Pesquisadora – *E o que é isso? O que significa isso?*

Estudante 6 – *Eu acho que ter o sangue igual é ter o DNA parecido ou algo do tipo*

Pesquisadora – *E o que quer dizer um sangue igual?*

Estudante 6 – *Tipo sanguíneo.*

Pesquisadora – *Todos concordam? Alguém discorda?*

(Todos concordaram com a estudante 6).

(Excertos de interações entre alunos do Ensino Médio e pesquisadora no grupo focal)

O primeiro compromisso encontrado nas narrativas acima descritas é o compromisso de que a herança está relacionada com sangue, mais especificamente que o sangue é o fluido mediador da herança, sendo responsável por transmitir todo e qualquer legado, toda e qualquer

característica. É possível que a confusão gerada, evidenciada no trecho acima, em outros contextos dos dados aqui tratados e na literatura de concepções alternativas seja provocada por mesclar algumas informações relacionadas ao sangue, que fazem parte do seu repertório cultural, com o que é tratado na ciência escolar.

Ao entrar em contato com a genética escolar, os estudantes trazem a forte ideia da relação entre herança e sangue e constroem narrativas que levam em conta seu conjunto cultural. Este fato aliado ao compromisso de que o mecanismo de herança é por mistura, oriundo também de seu repertório cotidiano, quando o estudante entra em contato com o conteúdo da ciência escolar, e nesse caso específico, com a genética do sistema ABO e Rh de grupos sanguíneos, um equívoco é construído com estas informações.

Estes conteúdos acima são sempre abordados no Ensino Médio, no contexto do ensino de genética, o que desperta muita atenção e interesse dos estudantes por se tratar de algo próximo e que envolve o fenômeno da reprodução. Nesse contexto, os estudantes combinam informações que envolvem a possível incompatibilidade entre os tipos de sangue do sistema ABO com o problema da eritroblastose fetal⁹, do sistema Rh.

Esta última temática tem conexão com a gestação e com a possibilidade de problemas ao futuro feto. Assim, as narrativas são construídas para explicar herança levando em conta a incompatibilidade sanguínea, baseada na fusão destas informações, e nesse contexto é possível inferir que este é um constructo tipicamente escolar. Abaixo quando o estudante apresenta a expressão: “Se um casal tem sangue igual, os filhos podem nascer com alguma deficiência”, é possível perceber a ideia da incompatibilidade sanguínea do sistema ABO com o fator Rh relacionado à eritroblastose fetal.

Estudante 1 – *Eu já ouvi muito falar nisso, que quando tem sangue igual, que a mãe tem que tomar uma injeção para o filho não nascer com algum tipo de deficiência.*

No contexto do Ensino Médio de genética, Pschisky, Maestrelli e Ferrari (2003) em artigo que trata da análise do tema Grupos Sanguíneos nos livros

⁹ A eritroblastose fetal ou doença hemolítica do recém-nascido provoca a destruição das hemácias do feto pelos anticorpos produzidos pela mãe, o que causa forte anemia no recém-nascido. Atualmente, uma mulher Rh- que vai dar à luz a uma criança Rh+ recebe, no momento do parto, uma injeção intravenosa de anticorpos anti-Rh. Estes destroem rapidamente as hemácias fetais Rh+ que penetram na circulação materna durante o parto, evitando assim a sensibilização na mulher (AMABIS; MARTHO, 2009).

didáticos de Biologia de 1960 a 2002, encontra que a abordagem apresentada separa os diversos assuntos que compõem o tema, não mostrando uma relação entre eles, o que caracteriza uma visão fragmentada, e dão o exemplo de que, ao se referir ao assunto que trata dos antígenos e dos anticorpos do sistema de Grupos Sanguíneos ABO, não é mostrada uma relação ou feita uma comparação destes antígenos e anticorpos com os dos outros sistemas de Grupos Sanguíneos.

Em situação de dificuldades de consulentes de aconselhamento genético em compreender mecanismos que expliquem as doenças, Richards (1996) e Santos (2005) trazem que estas são derivadas dos conflitos existentes entre as concepções cotidianas sobre herança e as explicações científicas. Quando uma determinada explicação é apresentada ao sujeito, por exemplo, sobre a herança de uma característica condicionada por um gene recessivo, o mecanismo de transmissão envolvido pode contrastar com as concepções pré-existentes:

[...] para o leigo, as características dos genitores se misturam durante a formação de um novo ser. Este entendimento contrasta com aspectos elementares da genética: a existência de uma estrutura biológica, a mutação gênica, herdada e passada entre gerações, as proporções mendelianas compreendidas a partir do conceito de divisão celular reducional e o caráter aleatório da distribuição do conjunto cromossômico na formação dos gametas (SANTOS, 2005, p. 60).

Santos (2005) também traz no seu trabalho o “modelo escolar sincrético”, classe de explicações em que os conhecimentos adquiridos na escola se mesclam aos modelos adquiridos anteriormente, referindo-se aos modelos propostos por ela para as explicações sobre herança, descritos na seção 3.2 desse capítulo (figura 4). Essa proposta de modelo pode ser usada para entender as explicações que envolvem o sangue, informações que são passadas culturalmente ao longo das gerações, mescladas com informações da escola.

De acordo com Pedrancini, Corazza e Galuch, (2001), a concepção de que a hereditariedade é transmitida pelo sangue foi construída desde a Antiguidade e amplamente aceita durante muitos séculos, sendo manifestada até os dias atuais nas expressões *consanguinidade*, *puro sangue*, *sangue do meu sangue*. Destaca, também, que por outro lado:

[...] essas ideias dos alunos podem ter-se originado das divulgações da mídia ou dos comentários dos professores e livros didáticos sobre a extração de DNA do sangue para a realização dos atuais testes de paternidade, de exames criminalísticos e de diagnóstico precoce de doenças hereditárias (p. 128).

Abaixo outro trecho de interação discursiva em grupo focal que expressa a relação entre sangue e herança:

Pesquisadora – *E porque vocês acham que as pessoas falam tanto do sangue? Porque está sempre se relacionando isso ao sangue?*

Estudante 1 – *Por essa questão que as pessoas falam... ah você é o mesmo sangue que eu.. por que quando a gente fala sangue a gente tá falando de família.. aí fica essa relação de sangue com a família, que vai passando de um para o outro.*

Estudante 2 – *Porque eu acho assim que o sangue é uma coisa muito importante e pelo fato de uma pessoa puxar a outra, em toda a parte do nosso corpo tem DNA e elas pensam que só tem no sangue.*

(Excertos de entrevistas com alunos do Ensino Médio).

Em seu livro “Deus, genes e o destino: na massa do sangue”, Jones (1999) dá uma contribuição importante à relação da herança com o sangue. Destaca que o subtítulo do livro “Na massa do sangue” está relacionado com a convicção generalizada de que o destino é inato e que esta crença teve início muito antes da ciência. O latim *sanguis* deu origem ao inglês “sanguine” que significa otimista, confiante. Originalmente, porém, não significava apenas sangue, mas também família, raça e linhagem, sendo que a ideia da biologia – sangue – como essência continua bem viva.

No grupo focal foram apresentadas algumas expressões e solicitada a opinião dos estudantes, concordando ou discordando e que comentassem sobre essas expressões. Abaixo algumas das expressões relacionadas ao sangue:

“Eu acho que herança tem relação com o sangue”

Estudante 1 – *Qual tipo de sangue? Se puxa o sangue tipo DNA ou o sangue..*

Pesquisadora - *Eu quero que vocês me digam se vocês concordam*

Estudante 2 - *Eu acho que tem a ver porque logo quando a pessoa pensa em transfusão de sangue, as primeiras pessoas procuradas são da família, então... tem uma ligação*

(Excertos de grupo focal com alunos do Ensino Médio).

No trecho acima fica evidente como o estudante estabelece essa relação da herança com o sangue, a partir da ideia da transfusão de sangue associada com a possível compatibilidade de tipo sanguíneo e laços familiares. E continuam:

Estudante 3 – *Por que herdar fazer aquele negócio para saber se é igual então é se o sangue é igual eu acho que tem a ver*

Estudante 4– *Quando você faz exame de DNA para saber se é filho daquele cara você faz exame de sangue*

Estudante 5 – *Eu acho que não só diretamente com o sangue porque todas as nossas células tem DNA, não só o sangue. Coleta também a saliva, não só o sangue.*

Estudante 6 – *Eu concordo com (estudante 5). Eu acho que não tem só a ver com o sangue. O sangue é mais uma característica que a gente herda dos nossos familiares.*

Estudante 7- *Eu acho que herança tem a ver com o nosso sangue, que é a nossa herança. Assim como parte do corpo, características dos nossos pais, o mesmo sangue, de um tio, de um primo. Eu acho que vem passado, como a gente recebe da herança, de geração em geração, e se não ficar para você vai ficar para outra pessoa, mais ou menos assim.*

(Excertos de interações em grupo focal com alunos do Ensino Médio).

Nesse trecho acima, é possível perceber que a estudante 4 estabelece uma relação do DNA com o sangue baseada no contexto de teste de paternidade, pois no geral é amplamente divulgado, principalmente pela mídia, que para a realização do teste é necessário examinar o sangue. Entretanto, os estudantes 5 e 6 expressam que a relação de paternidade não se estabelece apenas com o sangue e relacionam ao DNA, inclusive afirmando a presença de material genético em todas as células e indicam o sangue como mais uma característica herdada dos pais.

No momento da entrevista, quando a pesquisadora apresenta o cenário caracterizado pela alta frequência de casamentos consanguíneos e com indivíduos afetados pela síndrome de SPOAN e questiona como explicariam a causa da doença, fica clara a relação direta que é feita entre a síndrome, o sangue e incompatibilidade sanguínea:

Estudante - *Depende de que grau eram os primos, mas acho que depende muito do sangue mesmo*

Pesquisadora -*Mas o que assim do sangue?*

Estudante - *Por exemplo, em biologia, tem determinados tipos de sangue. Por exemplo o tipo A, quando você joga o tipo B coagula, alguma coisa desse tipo ocorre. Eles não se juntam. Com certeza pode ter ocorrido isso, dois tipos de sangue iguais pode ter coagulado, alguma coisa assim e aconteceu isso aí.*

Pesquisadora *Vocês acreditam que esses casos da doença teriam relação, por exemplo, com os casamentos entre primos?*

Estudante - *Acho que depende*

Pesquisadora - *Você acha que teria relação?*

Estudante - *Eu acho que não tem nada a ver.*

Pesquisadora - *Então você atribui...*

Estudante - *A questão do sangue*

Pesquisadora - *Do tipo?*

Estudante - *Do tipo de sangue*

Para a expressão “As características estão no sangue”, apresentada na entrevista, o estudante responde:

Estudante 1 - *Eu acho que estão também porque faz parte das características do DNA, porque tipo eu posso ter o sangue O da minha mãe, O do meu pai, ou os dois juntos, faz parte também.*

(Excertos de entrevistas com alunos do Ensino Médio).

Nesse trecho acima, o estudante comenta sobre a expressão considerando que as características também estão no sangue e relacionando ao tipo sanguíneo.

Também com o uso de algumas expressões no grupo focal, foi possível coletarmos informações que relacionam compatibilidade sanguínea e deficiência. Ao se apresentar a expressão: “Sangue igual causa deficiência”, evidenciou-se nas narrativas dos estudantes essa relação clara entre tipo sanguíneo e deficiência:

Pesquisadora - *Quando eu tenho sangue igual, pai O positivo, mãe O positivo. Causa deficiência? Sim? Porquê?*

Estudante 1 - *Porque meu pai tem outra filha, e o sangue dele e o da mulher são iguais e ela é paraplégica.*

Pesquisadora - *Ai você acha que ela é paraplégica, ela nasceu assim?*

Estudante 1 - *Sim. Ela nasceu assim, e os médicos disseram que o sangue é igual e por isso houve a paraplegia.*

Pesquisadora - *ok, mais alguém quer falar sobre isso? Tipos sanguíneos iguais podem causar deficiência?*

Estudante 2 - *Eu acho que não. Acho que se fosse tipo de irmãos, fazer o filho lá com os irmãos que tem o DNA quase tudo parecido aí pode causar alguma deficiência, mas tipo O positivo com O positivo acho que não.*

(Excertos de interações em grupo focal com alunos do Ensino Médio).

Já a estudante 2 discorda que o tipo sanguíneo cause a deficiência e atribui o fato ao DNA, à consanguinidade. É possível observar que, embora os estudantes utilizem em suas narrativas a palavra DNA, possivelmente incorporada ao seu repertório oriundo dos anos de escolaridade, correlacionando-as à ideia de transmissão das características hereditárias, ainda não se apropriaram de modo a possibilitar uma relação coerente entre DNA e uma explicação que relacione a um mecanismo/fator causal que esclareça o fenômeno da herança.

Pedrancini, Corazza e Galuch (2001) argumentam que quanto à questão relativa aos tipos de célula em que o DNA se encontra, os estudantes citam sempre exemplos das células que estão sendo utilizadas nos atuais testes de paternidade, medicina forense e diagnóstico precoce, baseados na análise de DNA extraído do sangue, fio de cabelo, saliva e unhas, e que normalmente os alunos não citam exemplos de células que constituem os principais tecidos dos

animais superiores, tais como as células ósseas, neurônios, células musculares, entre outras que fazem parte dos conteúdos escolares.

A ideia da herança está relacionada ao sangue está relacionada à crença de que o destino dos indivíduos é inevitável e já está determinado, sendo que ela sustenta muitas narrativas, como algumas ilustradas acima, e também está muito presente na literatura de concepções alternativas em ensino de genética. Uma visão fatalista relacionada, por exemplo, à ocorrência de doenças é descrita na literatura especializada (ver DAVISON, 1989; 1992). Nesse sentido fatalista, o indivíduo não acredita que tem controle sobre sua saúde, e as doenças acontecem porque têm que acontecer, faz parte do destino.

Quando apresentada a expressão: “A causa de doenças hereditárias está no sangue”, nas entrevistas é possível destacar essa relação fatalista associada às doenças que se tem possibilidade de herdar, no seguinte trecho:

Estudante 1 - *Eu concordo porque, por exemplo, como eu já vi casos de câncer, até minha mãe mesmo e ela tá fazendo tratamento. Ela tem câncer. Ai eu fui levar ela numas sessões de quimioterapia e o médico dela falou que poderia sim daqui a um tempo, o câncer... regredir não, progredir em algum dos filhos dela porque possa ser que tenha alguma herança, alguma relação, foi isso que ele falou.*

Pesquisadora - *E aí você atribui que isso possa estar no sangue.*

Estudante 1 - *Pode ter uma relação sim. Não que tenha passado o câncer pelo sangue. Pode ter passado algumas doenças que possa acarretar o câncer.*

Pesquisadora - *E quando você... E essa coisa de passar não pelo sangue, mas por onde?*

Estudante 1 - *É porque ele deu a explicação lá, mas eu não lembro... passa o vírus, alguma coisa assim, eu não me lembro direito qual foi a explicação e pode ser que eu até esteja transmitindo errado, mas eu acho que pode passar doenças hereditárias pelo sangue.*

(Excertos de entrevistas com alunos do Ensino Médio).

Para a expressão “*Crianças nascem deficientes por causa de castigos de Deus*”, é possível a ausência de uma explicação para o fato, atribuindo simplesmente ao destino:

Estudante 2 - *Não*

Pesquisadora - *E você atribui a que, no caso..*

Estudante 2 - *Da deficiência?*

Pesquisadora - *Sim*

Estudante 2 - *Porque assim, quem segue religião, segue mesmo, diz que é por culpa de Deus. Eu acho mesmo que é por conta da... me pegou... De onde vem essa deficiência? É vago.*

Pesquisadora - *Um bebê que nasce com uma deficiência.*

Estudante 2 - *É destino. Essa resposta é meio complicadinha.*

(Excertos de entrevistas com alunos do Ensino Médio).

Também se constatou a concepção de destino associada à “má sorte” hereditária que percorre o sangue sendo levada através das gerações:

Pesquisadora - *O que você acha da explicação dada pelos membros da família sobre a causa desta doença?*

Estudante 3 - *Que todo mundo que nascia com essa doença foi exatamente hereditária e um homem da família tinha essa doença e foi percorrendo pelo sangue e aí alguns teve a má sorte de nascer com essa doença e outros tiveram a sorte de não nascer com essa doença.*

(Excerto de entrevistas com alunos do Ensino Médio).

Diante dos dados acima expostos, é possível relacioná-los ao tema “fator causal da herança” na categoria “determinismo por desígnio”, que atribui a herança a um acontecimento que se interpõe ao destino dos genitores ou antepassados, e tendo um peso grande da dimensão axiológica influenciando essas explicações.

Nos nossos dados empíricos, além da relação de fatalismo associado ao sangue foi também muito frequente a ocorrência de uma relação entre fatalismo, genes e DNA. No excerto abaixo de uma interação discursiva em aula de genética da terceira série do Ensino Médio, quando a professora apresenta a expressão: “*Crianças podem nascer com alguma deficiência por causa de castigo de Deus*”, para que os alunos comentem sobre a frase, encontramos o seguinte:

Estudante 1 - *Não. É isso que eu tô falando, não é isso, não é um castigo, eu acho que é dos genes, e não um castigo no caso. Tipo também, meu professor de biologia, ele... a família dele, é muita gente que tem câncer de pele, e ele também fez uma filha com uma mulher que tinha esse gene de câncer de pele e aí a filha dele nasceu com câncer de pele.*

Professora - *A menina nasceu com câncer de pele?*

Estudante 1 - *A menina nasceu com câncer de pele*

Estudante 2 - *Isso aí já mistura um pouco de ciência e religião. Tipo, Deus pra gente ele é o pai de todo mundo. Uma pessoa como pai ou mãe, por pior que seja o seu filho, por pior que seja o erro dele. Ele não quer ver seu filho ruim de modo algum. É o mesmo caso de Deus, por pior que seja seu filho aqui na terra, ele não quer ver seu filho sofrendo. O que ocorre é que isso não tem interferência de Deus, o que ocorre é interferência genética, algum defeito lá no par de cromossomos, como ocorre na síndrome de Down, alguma coisa do tipo, mas interferência direta de Deus, eu acho que não.*

(Excerto de interação discursiva em aulas do Ensino Médio)

Aliada a essa ideia fatalista está o determinismo por partícula como fator causal para a herança biológica, frequentemente encontrado nos nossos dados empíricos, tanto com alunos do Ensino Médio, quanto com os alunos do Ensino Superior. Nesse contexto, os estudantes expressam fundamentos em que os genes explicam determinadas situações e características. Abaixo a estudante

manifesta, no grupo focal, que uma doença é inevitável por ser herdada dos seus pais:

Estudante 1 – *É inevitável que a criança tenha a doença, porque se ela puxar a característica do pai tem a doença, se ela puxar a característica da mãe, tem a doença do mesmo jeito.*

Estudante 2 – *Eu acho que é por isso que as pessoas falam que se o pai é primo da mãe, a criança pode nascer com alguma doença, é isso que ela falou. Se tem a possibilidade do pai e da mãe ter a mesma doença, é claro que a criança pode nascer com a doença*

(Excertos de interações em grupo focal com alunos Ensino Médio).

Nesse mesmo contexto, a pesquisadora questiona: “O que explica nós termos certas características”?

Estudante 1 – *A genética*

Pesquisadora - *O que quer dizer a genética?*

Estudante 2 – *O conjunto de características*

Pesquisadora - *O que mais?*

Estudante 1 – *o DNA que vai passando pela família*

(Excertos de interações em grupo focal alunos Ensino Médio)

Em determinado momento do desenvolvimento do grupo focal, quando a pesquisadora apresenta o cenário da síndrome de SPOAN e explica que “Os familiares informam que uma hipotética sífilis hereditária (sabemos hoje que a sífilis é uma doença bacteriana) que teria afetado”, há cerca de 150 anos, um antepassado comum, um membro antigo da família, “o velho Maximiniano”, se espalhou pelo sangue de seus descendentes, e questiona “O que vocês acham da explicação dada pelos membros da família sobre a causa da doença”? Encontramos:

Estudante 1 - *Eu acho que a relação tem mais a ver com a genética, porque por eles serem parentes próximos, o DNA deles é muito próximo, ai como eles são parecidos... eu já ouvi falar alguma coisa de DNAs iguais, quando vai gerar uma criança, sei que falta alguma coisa, ai a criança nasce, vamos dizer assim, com deficiência. Eu acredito mais nisso do que numa sífilis.*

Pesquisadora - *Mais alguém?*

Estudante 2 – *Essa é a explicação que a família deu*

Pesquisadora - *e eu quero saber se vocês concordam ou discordam*

Estudante 2 – *Eu acho que não tem nada a ver com a sífilis. É uma coisa geneticamente passada pela família*

Pesquisadora – *Você não atribui isso à sífilis?*

Estudante 3 – *Ou então a família já tem, e ai quando junta os dois, parentes, casados, para gerar uma criança, fortaleceu mais a doença que já tinha no DNA*

Pesquisadora – *Vocês explicariam a causa da doença de outra maneira?*

Estudante 1 – *Eu explicaria que foi passado pela genética da família, e como o (estudante 3) falou, pelo fato deles se casarem com parentes muito próximos, isso fortalece, isso ajuda a doença, porque no caso... eu sou de uma família, meu marido é de outra. Minha família tem uma doença hereditária, mas meu marido não tem... tipo se a criança nasce com maior influência da família do pai do que da mãe, ela vai ter menos chance de ter essa doença, só que se tipo, o pai e a mãe tem a mesma doença hereditária, o mesmo DNA, ela corre o maior risco, a maior chance de levar aquela*

doença, de pegar aquela característica, ou seja, eles se relacionando, como eles são da mesma família, tem mais chance de ir passando de um pro outro.

Nesse conjunto de informações, acima mencionado, a partir dos vários cenários que foram usados na coleta de dados, o mecanismo de herança acessado para explicar o fenômeno está relacionado à mediação e/ou controle de partículas que são transmitidas dos progenitores à prole. Apesar de recorrer a este mecanismo, em que as partículas explicariam o fenômeno (herança particulada), com o compromisso que atribui importância causal maior a estas partículas que carregam o potencial para o desenvolvimento de traços fenotípicos que aos demais fatores envolvidos na herança, os estudantes têm dificuldade em entender o mecanismo em si, apenas informando a unidade de herança, como partículas que transmitem toda a informação necessária para especificar e justificar as características de um organismo. E mesmo assim, em muitos trechos é possível perceber que existem equívocos quando tentam relacionar gene, cromossomos e DNA.

Vale destacar que em nenhum dos contextos dos dados empíricos coletados com estudantes do Ensino Médio, foi possível evidenciar a categoria “paridade causal” para o tema epistemológico “fator causal” que confere atribuição igualmente importante a diferentes fatores (genéticos, ambientais e epigenéticos) envolvidos na herança e no desenvolvimento de traços fenotípicos.

O que também pode ser observado nesses dados acima mencionados é uma mudança nas categorias para o tema “fator causal”: um conjunto de dados evidencia o “determinismo por desígnio”, relacionando a herança ao fatalismo pelo sangue, e em outro momento as explicações passam a ser deterministas genéticas. Ainda pode acontecer o caso de encontrarmos híbridos discursivos em que os estudantes tendem a ser deterministas genéticos porque eles podem ter uma visão religiosa fatalista, e não acessam fatores causais e mecanismos que expliquem de forma coerente, e nesse momento o gene passa a cumprir um papel explicativo, mas que às vezes não está relacionado claramente, em suas narrativas, por exemplo, ao mecanismo de herança particulada.

Podemos relacionar essas ideias acima mencionadas, referentes aos híbridos discursivos, ao que Santos e El-Hani (2009) chamam de modelos

híbridos: “uma mistura indiscriminada de ideias construídas em distintos contextos históricos e discursivos, como se fossem partes de um único discurso coerente sobre genes”, no caso específico do artigo que trata de ideias sobre genes em livros didáticos de biologia do Ensino Médio publicados no Brasil. Esses autores destacam que:

O principal problema com o uso de modelos híbridos é que eles trazem dificuldades para a compreensão da natureza dos modelos científicos e do contexto histórico de sua construção, tendo sérias consequências, pois, para a compreensão da natureza da ciência, e, além disso, podem facilmente levar a confusões semânticas e ambiguidades na compreensão de um dado conteúdo (SANTOS; EL-HANI, 2009, s/p).

Sobre o determinismo, Nelkin e Lindee (2004) advogam que o discurso público sobre a genética é perseguido pelo determinismo genético de tal maneira que os seres humanos julgam toda a sua complexidade social, histórica e moral, com seus genes. Esses autores chamam de "essencialismo genético" o determinismo, e afirmam que não é simplesmente um resultado de mal-entendidos ou simplificação da ciência, mas que poderia estar ancorado em crenças profundas e fenômenos sociais.

Parrott e colaboradores (2004) descobriram que algumas pessoas acreditam que Deus desempenha um papel importante na forma como os genes são expressos e seu impacto na saúde. Eles acreditam, por exemplo, que um poder maior protege os genes humanos dos efeitos dos comportamentos insalubres das pessoas. Isso mostra como visões predeterminadas de resultados biológicos podem estar profundamente arraigadas nas crenças religiosas. Em certa medida esses dados corroboram com os achados entre os estudantes nos nossos dados coletados.

Apesar de nas duas últimas décadas a pesquisa em genética ter evoluído para genômica, a nova genética, e a compreensão de genes e genomas e de como eles se relacionam com o desenvolvimento, traços fenotípicos, fisiologia celular, entre outras características ter mudado radicalmente (MEYER; BONFIM; EL-HANI, 2013), o desenvolvimento sobre a compreensão científica parece não ter chegado ao público e as crenças determinísticas genéticas ainda prevalecem em grande parte (NELKIN; LINDEE, 2004; GERICKE; WAHLBERG, 2013; CASTÉRA; CLÉMENT, 2014). Em particular, as pessoas têm dificuldade em entender os mecanismos por

trás, por exemplo, do risco genético (MOLSTER *et al.*, 2009), e também não apresentam a noção de que fatores genéticos e ambientais sofrem interação.

Nesse contexto do determinismo, El-Hani (2017) destaca que:

Para tornar as coisas ainda mais complicadas, a mídia inunda cotidianamente a vida das pessoas com relatos de “genes para” uma ou outra característica. Contudo, nem a mídia nem o ensino de genética (seja na educação básica ou no ensino superior) costumam preparar as pessoas para que possam compreender a natureza populacional e instrumental da expressão “genes para”. O problema é que, se interpretada de modo realista e aplicada ao organismo individual, a afirmação de que um segmento de DNA é um “gene para” uma característica não se sustenta diante de nossa compreensão do desenvolvimento. Isso não significa que esta não seja uma concepção útil do gene. Ela cumpre papel importante na pesquisa genética, mas deve ser interpretada de modo apropriado, como uma explicação de uma parcela da variação fenotípica numa população em termos da variação genética.

Segundo Meyer, Bonfim e El-Hani (2013) outra descoberta preocupante desses estudos é a visão determinística genética que está altamente representada nos livros didáticos e nos discursos dos estudantes e que podem estar relacionados, pelo menos em parte, à prevalência de uma confusão entre gene-P¹⁰, como um conceito de gene instrumental usado na ciência escolar, principalmente no contexto da genética clássica e em associação com análise de genealogias e gene-D¹¹, como um conceito mais realista, principalmente relacionado na ciência escolar para tratamentos baseados em moléculas de sistemas genéticos. Ideias distintas sobre genes são mostradas, relacionadas a modelos construídos em diferentes contextos históricos, a fim de lidar com questões de pesquisa distintas, e não totalmente compatíveis entre si, são indiscriminadamente misturadas em livros de texto e, também, nas opiniões relatadas pelos estudantes (PITOMBO; ALMEIDA; EL-HANI, 2008; JOAQUIM, 2009; MEYER, 2010).

¹⁰ O gene-P corresponde ao gene como determinante de fenótipos ou diferenças fenotípicas. Esse conceito é a origem da famosa expressão “Gene para” características, que corresponde a um conceito instrumental, uma ferramenta para fazer cálculos experimentais, sem assumir hipótese de correspondência com a realidade. (El-Hani, 2017)

¹¹ O gene-D, por sua vez, é um recurso desenvolvimental tão importante quanto outras causas do desenvolvimento, a exemplo dos fatores epigenéticos e ambientais. Ele é tipicamente concebido no discurso científico de maneira realista, como entidade material definida por alguma sequência molecular no DNA que age como uma unidade de transcrição, fornecendo moldes moleculares para a síntese da estrutura primária de proteínas ou de RNAs funcionais. Genes-D – tipicamente – não determinam características fenotípicas por si mesmos (El-Hani, 2017)

Os dados empíricos relativos à significação do conceito em entrevistas, interações em sala de aula e grupo focal no Ensino Médio, analisados nesta seção, mais uma vez apontam para a predominância de perspectivas de herança ligadas ao fatalismo. Muito recorrente é o apego à ideia de herança ligada à mistura de sangue dos genitores, estando fortemente presente também na literatura e marcadamente na história do conceito. Outra concepção presente em nossa análise tem como fator causal o “determinismo por partícula” que leva ao “genocentrismo” de tal maneira que as pessoas passam a julgar toda a sua complexidade social, histórica e moral baseada na ação dos genes.

Como já mencionado anteriormente, em nenhum dos contextos dos dados empíricos coletados com estudantes do Ensino Médio, foi observada a presença de alguns compromissos pertencentes a categorias que compõem a matriz semântica como, por exemplo: “paridade causal” para o tema epistemológico “fator causal”, “potencial para a característica” no tema “unidade de herança” e “sistema de herança” como mecanismo para explicar o fenômeno da herança. Essas categorias estariam estabilizando uma forma de pensar herança que trazem que a determinação do fenótipo final é tipicamente multifatorial, ou seja, uma variedade de fatores, tanto genéticos como ambientais, estariam interagindo e determinam o fenótipo final de um indivíduo.

CAPÍTULO IV – A dimensão axiológica e os modelos de perfis conceituais

Um das contribuições à metodologia empregada na construção dos perfis conceituais, ainda pouco investigada, que investimos em nossa pesquisa é a exploração da dimensão axiológica. Como pode ser observado na figura 1 (página 62), que representa o desenho metodológico aqui adotado, foi proposta a inclusão da dimensão axiológica, como moduladora das zonas e, no caso do conceito de herança, relacionada a contextos discursivos. Além disso, também como novidade, foi incorporado o tema axiologia na matriz semântica (quadro 1, página 143) composto por quatro categorias, que geraram compromissos. Nessa perspectiva, as zonas que compõem o perfil de herança são individualizadas por compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos.

Esse capítulo trará alguns aspectos referentes ao papel que a axiologia apresenta no perfil, tanto no que diz respeito à modulação das zonas, como também na individualização das mesmas, por meio da incorporação de compromissos à matriz semântica. Em seguida, será apresentada uma análise da relação entre conceito de herança e a axiologia.

4.1. Considerações gerais sobre a dimensão axiológica na construção de modelos de perfis

Lucas, Passos e Arruda (2016) destacam que a ciência dos valores ou axiologia é uma área da filosofia que vem se consolidando desde a metade do século XIX. E ressaltam, ainda que, “[...] essa ciência tem como objeto de estudo os valores e suas implicações para o ser humano em diversas perspectivas: científica, social, moral, religiosa, política, entre outras” (p. 500). Em artigo que trata de avançar no estudo das influências que os sistemas axiológicos ou sistemas de *valores* exercem sobre as práticas educativas, os referidos autores definem esses sistemas como “conjuntos de valores (éticos, estéticos, religiosos, políticos, vitais, cognitivos etc.) que, inter-relacionados, influenciam as ações humanas e fornecem explicações acerca das mesmas” (p. 646).

Lucas (2014), ao pesquisar sobre as contribuições da axiologia na área educacional, tem mostrado que os valores ou sistemas de valores inerentes às ações humanas são compartilhados socialmente durante a educação escolar e

a formação acadêmica e destaca que eles são tomados como entidades qualificadoras e capazes de traduzir as preferências, os motivos e os critérios de conduta das pessoas, incluindo as perspectivas do ensino e da aprendizagem.

Especificamente sobre axiologia e a teoria de perfis conceituais, Mattos (2014) destaca que apesar dos avanços que já ocorreram no programa de investigação em perfis conceituais, muitos investimentos ainda são necessários, como, por exemplo, que seja feito um exame cuidadoso da dimensão axiológica das zonas de um perfil e sua relação com aspectos afetivo-volitivos. Indica que para introduzir o papel das emoções e valores na abordagem dos perfis é preciso levar em conta o seu papel na regulação das funções psicológicas superiores, bem como no processo de ensino e aprendizagem.

A inclusão da dimensão axiológica à construção de perfis conceituais, além das dimensões epistemológicas e ontológicas da significação do conceito, foi proposta por Rodrigues e Mattos (2006). Esses autores argumentaram que a dimensão axiológica, relativa aos valores que os indivíduos atribuem às coisas, possibilita entender/reconhecer as razões afetivas das escolhas de certas representações dos objetos em determinados contextos.

Rodrigues e Mattos (2007) salientam que “se pretendemos compreender, de forma mais ampla, a comunicação humana e a formação de intersubjetividade devemos considerar ao menos três dimensões do conhecimento humano”: epistemológica, ontológica e axiológica.

Dalri (2010), a partir da proposta de Rodrigues e Mattos (2006), propõe um perfil conceitual complexificado, considerando a inclusão da dimensão axiológica como o primeiro passo para essa complexificação, com o argumento de que a dimensão axiológica responde ao “porquê” das escolhas e revela as motivações e intenções com que um conceito é utilizado pelo indivíduo.

Com base nesse argumento, Darli (2009) propõe que a dimensão axiológica pode ser considerada a base fundamental dos modelos de perfil (ou a base fundamental para modelagem de perfis), uma vez que apresentam um papel funcional de regular e modular a forma como as zonas são utilizadas em contextos específicos.

Rodrigues e Mattos (2007) destacam que:

[...] Para alguns conceitos deveremos analisar todas as três dimensões simultaneamente. Para outros, a dimensão ontológica se destacará, principalmente conceitos polissêmicos, fazendo com que a dimensão epistemológica se torne imperceptível. Para outro grupo de conceitos, cuja história e epistemologia estejam bem determinadas, acentua-se a dimensão epistemológica. Porém, em ambos os casos, os conceitos terão componentes descritos em função do eixo axiológico (p. 329).

Sobre a relação da dimensão axiológica das zonas e os aspectos afetivo-volitivos, sugerida por Mattos (2014), encontramos no trabalho de Pascal (2009) algumas reflexões teóricas baseadas em autores da abordagem sócio-histórica, em especial nos textos de Vygotsky¹², considerados por ele como os mais significativos sobre a temática. A intenção de Pascal é constituir uma relação entre o que Mattos propõe para a dimensão axiológica das zonas de um perfil e a base afetivo-volitivo a partir desses referenciais.

Pascal (2009) esclarece que:

“Vygotsky defende a tese de que uma compreensão efetiva e plena do pensamento de outra pessoa só se torna possível quando entendemos a sua base afetivo-volitiva, ou seja, sua emoção, sua motivação, sua vontade, que envolve os seus desejos, as suas necessidades e os seus interesses” (p. 46).

A separação entre os aspectos intelectuais e os afetivos impossibilita, de acordo com Vygotsky, a explicação das causas do pensamento, já que as causas do pensamento estão na base afetivo-volitiva. Assim, não existe dissociação entre os aspectos intelectuais e afetivos, entre pensamento e linguagem, entre razão e emoção. Vygotsky analisa as implicações para a compreensão da consciência de dissociar esses dois aspectos, nos seguintes termos:

la separación entre el aspecto intelectual de nuestra conciencia y su aspecto afectivo, volitivo, constituye uno de los defectos básicos más graves de toda la psicología tradicional. Esa separación da lugar a que el pensamiento se transforme inevitablemente en un flujo autónomo de ideas que se piensan a sí mismas, a que se segregue de toda la plenitud de la vida, de los impulsos, los intereses y

¹² Pensamento e Linguagem (1993), A Construção do Pensamento e da Linguagem (2001), Teoría de las Emociones: estudio históricopsicológico (2004) e os volumes II, III e IV das Obras Escogidas (1983).

las inclinaciones vitales del sujeto que piensa y, o bien resulte un epifenómeno completamente inútil, incapaz de modificar nada en la vida y en la conducta de la persona, o bien se transforma en una fuerza primitiva, autónoma e imprevisible, que, al interferir en la vida de la conciencia y en la vida de la personalidad, las influye de forma inexplicable (VYGOTSKY, 1983, p. 24 *apud* Pascal, 2009, p. 231).

Assim, o estudo sobre a base afetivo-volitiva pressupõe a descoberta das emoções, motivações, vontades, desejos, necessidades, interesses, impulsos e tendências que movem o pensamento, ao mesmo tempo em que permite a eliminação do poder mágico e abstrato do pensamento, ao defender sua gênese e origem social (PASCAL, 2009).

Vygotsky propõe que “existe um sistema dinâmico de significados em que o afetivo e o intelectual se unem”. (VYGOTSKY, 1993, p.19). Esse “sistema” é a base afetivo-volitiva que está por trás da relação entre as significações e os sentidos que atribuímos às questões da vida social e que se expressam por meio do pensamento que, na maioria das vezes, é realizado por meio de palavras.

A dimensão axiológica do conhecimento modula o nível de mobilização dos sujeitos na atividade de ensino/aprendizagem, isto é, determina a motivação dos sujeitos em sua relação com o saber. Assim, esta dimensão pode influenciar mobilizando os sujeitos na relação com o contexto discursivo, por exemplo. Nesse sentido, é destacado o papel dessa dimensão na constituição da visão que os sujeitos possuem da realidade e sua influência na tomada de decisão (RODRIGUES; MATTOS, 2007).

Com base nos trabalhos de Sodré (2008) e Sodré e Mattos (2007, 2010), Dalri (2010) traz um exemplo de modulação de representações de alimento por aspectos axiológicos, no contexto da identificação e escolha de uma dieta saudável. O autor analisa como a dimensão axiológica pode modular as representações (com características ontológicas e epistemológicas) de um alimento para uma pessoa faminta ou com carência alimentar, e para outra alimentada ou em boas condições de alimentação, e conclui que:

[...] a modulação pela dimensão axiológica das dimensões epistemológicas e ontológicas do perfil de alimento em um determinado contexto também pode ser relacionada à maior ou menor apetência que um alimento estimula de acordo com sua

apresentação (características ligadas à cor, sabor, aparência estética etc.) (p. 107).

Dalri propõe que há forte modulação da dimensão axiológica no que diz respeito às escolhas alimentares, levando a pessoa a escolher dentre o que é comestível e saudável aquilo que irá consumir, de acordo com a valorização e a finalidade que o alimento apresenta para si nos contextos vivenciados. Em termos dos processos de aprendizagem, Dalri propõe que a relação que estabelecemos com determinado saber é formada pelos sentidos/valores que atribuímos ao objeto da atividade de aprendizagem e pelas motivações que nos levam a realizá-la em determinados contextos. Aprendemos a nos relacionar com o saber influenciado pelas pessoas, coisas, contextos, culturas com as quais interagimos e pertencemos.

Rodrigues e Mattos (2007), por sua vez, analisam o papel da axiologia na modelagem de perfis conceituais, tendo em vista a relação entre contextos em que as interações discursivas e experiências sociais dos indivíduos ocorrem e os processos de significação. Os autores argumentam que a internalização dos significados, a qual, acontece na interação sujeito-mundo, é permeada por aspectos cognitivos e afetivos do contexto no qual o indivíduo se insere. Nos contextos específicos se desenrolam as interações dialógicas, construídas a partir das **dêixis**, marcas do contexto, que permitem sua ressignificação. São os papéis interpretados pelos outros, as experiências de vida de cada ator no seio dos complexos processos histórico-sociais, sentimentos, expectativas, motivações, normas sociais e muitos outros elementos que estão em jogo nestas interações (ROSSETI-FERREIRA *et al.*, 2004).

A internalização das zonas de perfil conceitual se dá na interação, e é na interação (manifestação dos indivíduos) que elas são explicitadas. Portanto, é na ação do indivíduo, em contextos específicos, que valores, crenças, sentidos atribuídos são construídos/internalizados, que as zonas do perfil conceitual são explicitadas (RODRIGUES; MATTOS, 2007).

Da mesma forma que os obstáculos epistemológicos e ontológicos estão presentes no processo de ensino e aprendizagem, obstáculos axiológicos também existem, dificultando o aprendizado de certos conceitos e sistemas de

conceitos em contextos específicos, e definem formas afetivas de se relacionar com o conhecimento (CHARLOT, 2001 *apud* MATTOS, 2014).

Outra abordagem que ainda está sendo investigada e que parece se relacionar aqui, são os conglomerados de relevância propostos por (MARTINEZ, 2015) que se fundamentam em estudos sociológicos, linguísticos e antropológicos, considerando que esta perspectiva é um suporte para a interpretação cultural das explicações dos estudantes sobre o mundo e os fenômenos naturais e as concepções alternativas. Os referenciais dos conglomerados de relevância estão relacionados com o conceito de cultura, contexto cultural, significado e valor.

4.2. Herança biológica: um conceito fortemente relacionado à dimensão axiológica

A ideia de explorar a dimensão axiológica nessa pesquisa de proposição do perfil conceitual para herança biológica, como mencionado anteriormente, surge da constatação, na análise dos dados referentes aos diferentes domínios genéticos explorados, da presença marcante de valores e crenças influenciando fortemente a significação deste conceito.

No processo de construção do presente modelo foi possível chegar a algumas reflexões sobre o papel da dimensão axiológica. Uma delas vai na direção de que essa dimensão parece azeitar a atitude mais fundamental que o sujeito tem em relação ao resto todo. A impressão é que em alguns contextos, ela é mais acentuada que as dimensões ontológica e epistemológica. As pessoas em determinados contextos se motivam muito mais em dar explicações levando em conta a dimensão axiológica do que a epistemológica ou ontológica. Em determinadas situações (contextos), as concepções valorativas se fazem presentes em primeiro lugar, se destacam, e isso afeta muito o modo como elas vão se expressar sobre a natureza do objeto (ontológico) e sobre o “como” conhece determinado objeto (epistemológico).

As primeiras discussões sobre o papel da dimensão axiológica no perfil de herança biológica caminhavam na direção de se pensar que a axiologia não estabilizaria as zonas propostas, e que estariam modulando-as. Essa ideia se sustentava pelo fato de não existirem, *a priori*, compromissos axiológicos

definidos, especificamente para o tema axiologia e que fizessem parte da composição da matriz semântica. O que havia inicialmente eram compromissos epistemológicos e ontológicos que eram permeados pela axiologia, como por exemplo, para o tema “contribuição parental para a herança”, na categoria “contribuição diferencial”, com o compromisso que o homem colabora mais na atribuição de desenvolvimento de traços fenotípicos, do que a mulher. Ou para o tema “mediador da transmissão da herança”, com o tema “fluidos corporais”, o compromisso de que os atributos dos indivíduos estão presentes no sêmen ou no sangue produzido pelos progenitores, sendo que no sangue estaria presente todo e qualquer legado parental e exercendo um papel de veículo da hereditariedade pelo qual são transmitidas as características não só físicas e/ou comportamentais como sua história de vida, seu destino.

Assim, os compromissos epistemológicos e ontológicos estabilizariam as zonas e a axiologia modularia estas zonas como acima descrito. Porém, foi possível, em determinado momento do percurso de construção, pensarmos em compromissos axiológicos, algo reconhecido pela peculiaridade do conceito, passando, assim, a compor a matriz semântica, e dessa forma foram elaborados e passam a fazer parte de quatro categorias (impressão materna, conformismo, punição e culpa). Com isso a proposta é que para este perfil conceitual proposto, a dimensão axiológica tanto modula, como em certa medida contribui na estabilização de algumas dessas zonas quando os compromissos axiológicos estão presentes junto aos epistemológicos e axiológicos.

É no diálogo entre os dados coletados nos diferentes domínios para o conceito de herança e estes possíveis referenciais acima mencionados, que formulamos os compromissos para o tema axiologia, listados abaixo no quadro 1.

Quadro 1. Compromissos axiológicos presentes na matriz semântica para o conceito de herança biológica

Tema	Categoria	Compromissos axiológicos
Axiologia	Impressão materna	Atribui que o comportamento da mãe pode afetar diretamente a fisiologia da reprodução e causar danos ao feto
	Conformismo	É atribuída a atitude de se acatar e se conformar com o que é herdado.
	Punição	Atribui-se as deficiências genéticas à transgressão de regras de conduta pelos genitores que resulta em punições relacionadas à crença e fé.
	Culpa	Atribui que o nascimento de crianças com alguma deficiência está associado a sentimento de culpa dos genitores. As mutações são entendidas como castigo.

Aqui nessa seção são trazidos dados referentes aos diferentes domínios genéticos que foram importantes para a construção da matriz semântica no que se refere à dimensão axiológica, especificamente para a construção dos compromissos ligados ao tema “axiologia”, e também como influencia a significação do conceito na definição de compromissos epistemológicos e ontológicos.

A categoria “culpa” pode estar relacionada, por exemplo, com o tabu ou incesto, ou seja, a proibição das relações sexuais entre parentes próximos, considerada uma das mais antigas crenças sobre herança. A origem de tal convenção é obscura, mas ela certamente representa um impedimento de natureza religiosa e cultural (SANTOS, 2005).

Os casamentos entre primos em primeiro grau nas comunidades católicas, por exemplo, são considerados uma luz negativa, sendo frequentemente desencorajados, e sendo necessário requerer uma dispensa religiosa para a realização das solenidades dessas uniões, ao passo que nas sociedades islâmicas esse tipo de união é predominante em algumas comunidades. Além da variação segundo a doutrina religiosa, os casamentos

consanguíneos são muito frequentes em comunidades rurais, nas populações pouco letradas e entre grandes proprietários de terra que veem nessas uniões uma estratégia de conservação dos seus patrimônios (BITTLES *et al.*, 1991).

Em grande medida, este ponto de vista pode ser promovido por restrições religiosas e seculares aos casamentos entre primos. Para os católicos romanos, a dispensa da diocese é um pré-requisito para a celebração pela igreja, dos casamentos entre primos e, na maioria dos Estados Unidos, os casamentos entre primos de primeiro grau são ilegais sob estatutos aprovados no século XIX e início do século XX (BITTLES *et al.*, 1991).

Em nossos dados empíricos, no desenvolvimento do grupo focal, quando apresentada a expressão: *“Crianças nascem com alguma doença por causa de castigo de Deus”*, para que os estudantes a comentassem, encontramos o seguinte trecho:

Estudante 1 – As pessoas têm crença.

Estudante 2 - Falam que quando dois primos se casam que foi castigo de Deus porque primo não é feito para namorar.

Estudante 3 – Mas primo quando nascem com deficiência é porque tem o mesmo DNA.

Estudante 4 – É uma questão que pode acontecer ou não. Na minha família tem primo casado com primo e que os filhos nasceram normais

Estudante 5 – Varia mais da genética de cada um. Porque existem até irmãos que chegam a ser casados, mas que os filhos nascem normais. Varia da genética da família e da criança também, se ela vai sofrer alguma alteração ou se acontece alguma coisa com ela durante a gestação. Deus não escolheu uma criança para ser deficiente, é uma coisa que vem da genética.

(Excerto de grupo focal com estudantes do Ensino Médio)

É possível constatar que o estudante 2 relata uma crença ligada à categoria “punição”, relacionada aos casamentos consanguíneos (entre primos), associando “castigo de Deus” à possível deficiência de filhos. Já as estudantes 3 e 5 trazem justificativas de causas genéticas em suas narrativas como o motivo da deficiência. É possível entender a presença de crença determinista genética no discurso dos estudantes, e em particular notar que há dificuldades em explicar os mecanismos, do risco genético, por exemplo. Possível também relacionar o trecho *“se ela vai sofrer alguma alteração ou se acontece alguma coisa com ela durante a gestação”*, à categoria “impressão materna” que tem o compromisso de conferir que o comportamento da mãe pode afetar diretamente a fisiologia da reprodução e causar danos ao feto. E para o trecho final do exemplo acima: *“Deus não escolheu uma criança para*

ser deficiente, é uma coisa que vem da genética”, é possível relacioná-lo à atitude conformista de acatar e se conformar com o que é herdado, e neste caso a “genética” é determinista.

Abordando, ainda, a categoria “conformismo”, Kromberg e Jekins (1997) relataram que uma tendência à negação ao aborto seletivo estava presente quando era diagnosticada alguma deficiência durante o atendimento pré-natal e mostra que estudos etnográficos constataram que havia uma crença compartilhada na comunidade estudada de que o indivíduo não tem controle sobre seu destino, o qual seria determinado por forças sobrenaturais e nesse contexto, os indivíduos expressam uma concepção conformista durante sessões de aconselhamento genético.

Com a mesma expressão *“Crianças nascem com alguma doença por causa de castigo de Deus”*, apresentada pela professora na aula de biologia, em nossa coleta de dados, para que os estudantes analisassem, foi possível observar a presença da categoria “punição” no trecho abaixo, quando o estudante relata um exemplo e relaciona à consanguinidade e a “castigo de Deus”.

Estudante 1. *Ali próximo ao cemitério São João Batista, tem uma casa com duas crianças com aparência de macaco, ai toda vez que eu ia visitar minha avó no cemitério, ai minha tia sempre falava que era porque o primo casou com a prima, e tiveram relação e por causa desse ato, a criança nasceu com a aparência de macaco. Ai eu sempre ficava pensando se era castigo de Deus mesmo.*

Professora - *Por causa do parentesco?*

Estudante 1- *Por causa do parentesco, que era pecado primo com primo ou se era coisa do sangue, da genética.*

(Excerto de interação discursiva em aula do Ensino Médio)

Ao final do trecho, quando questionado pela professora se o motivo seria o parentesco, o estudante relata dúvida e declara se seria “coisa do sangue” ou da genética. Nesse caso é possível relacionar a dimensão axiológica como influenciada pelo contexto, inicialmente justificando a opinião baseada em elementos trazidos do seu cotidiano e depois, quando questionado pela professora sobre a causa, o estudante declara sua dúvida baseada em elementos da ciência escolar, no caso, causas genéticas, usando palavras-chave escolares, sem, no entanto, justificar.

Para o fato da consanguinidade, é possível relacioná-la, à categoria “punição”, quando, nas narrativas, a deficiência está associada a penalidades que envolvem crença e fé. Em contraste a esta concepção, Santos (2005)

constatou ser reduzido o papel das crenças religiosas na composição dos modelos explicativos nas comunidades amostradas (nos estados da Bahia e Rio Grande do Norte) na sua pesquisa, quando investigava as explicações para a síndrome de SPOAN, já mencionada anteriormente. Nessas comunidades, a causa material hereditária é amplamente aceita e os familiares não se sentem culpados nem tampouco reportam a anomalia como “castigo divino”, mas comumente entendem como “mal de família”, sem, no entanto apresentarem uma explicação que considere a consanguinidade para a síndrome. A maioria das narrativas explica que personagens específicos (*o velho Maximiniano e dona Romana*) teriam adquirido uma doença (a sífilis) responsável pelo aparecimento das deficiências transmissíveis ao longo das gerações. E, nesse caso, seriam difundidas pelo sangue, fluido que será abordado mais adiante nessa seção.

Outro dado do trabalho de Santos (2005), sobre a compreensão das informações transmitidas durante o aconselhamento genético, mostra que os indivíduos agem e sentem em função de seus conhecimentos, crenças e valores:

[...] se uma mulher acredita que o nervosismo pelo qual passou durante a gestação acarretou a doença de seu filho; isto implica em ter responsabilidade e culpa pelo ocorrido, mas por outro lado, significaria também alívio em relação à possibilidade de transmissão da doença para futuras gerações. Se por crença religiosa, um casal entende o aborto como pecado, provavelmente recusarão o teste de diagnóstico pré-natal para detectar uma anomalia qualquer que seu filho possa a vir manifestar (p. 58).

A busca para causas de doenças genéticas é intensa quando as pessoas se depararam com casos na família. Elas buscam intensamente respostas para os questionamentos que as mobilizam emocionalmente. Muitas vezes a culpa e o conformismo estão presentes nas explicações. Abaixo, trecho ilustrativo da presença desses compromissos na narrativa de uma consulente de serviço de aconselhamento:

Eu achava que eu era culpada de alguma coisa. Um tempo falaram assim... Que eu tomei remédio para matar ela e por isso ela ficou desse jeito. Mas a minha consciência é tranquila, porque o que eu ia fazer não deu certo. Então, eu falei assim: É, se ela veio desse jeito, eu tenho que aceitar, né? Mas por que aconteceu? Por que a gente não fez para não ter, né? Eu... Como minha mãe era evangélica desde nova... [Eu ficava pensando]... Por que, meu Deus, que eu estou desse jeito? Onde foi que eu pequei? Onde que eu errei?

(Excerto de entrevista apresentada em Santos, 2005, p. 72)

Em sua tese de doutoramento, Trindade (1991), ao analisar as representações sobre maternidade e paternidade em uma amostra de consulentes atendidos no serviço de aconselhamento genético da Universidade Federal do Espírito Santo, constatou que crianças afetadas por doenças genéticas são vistas de maneira muito negativa pelos familiares, como um encargo inevitável e um fator de extremo desgaste físico e emocional, dificultando tanto a rotina doméstica quanto as relações sociais de seus pais. Ainda na sua pesquisa, constatou que raramente os genitores masculinos mostram sentimentos de culpa e responsabilidade em relação à patologia presentes nos filhos, conservando um “autoconceito” positivo de si mesmos e em oposição, a maior parte das mães se sente responsável pela situação.

Esta última referência, a isenção de responsabilidade dos genitores masculinos, quando se trata de patologias na prole, está relacionada, por exemplo, ao tema “contribuição parental para a herança”, com a categoria “contribuição exclusiva” que atribui o desenvolvimento de traços fenotípicos a apenas um dos genitores, e nesse contexto, temos a presença da dimensão axiológica nesse tema.

Para a categoria “impressão materna”, um dado encontrado no trabalho de Kromberg e Jekins (1997) que trata de influências culturais na percepção de distúrbios genéticos em negros na África do Sul, é a crença de que “se você rir para um albino quando estiver grávida, seu filho também nascerá albino”. Aproveitando esse achado na literatura, e tendo a constatação da presença dessa crença também na nossa cultura, criamos um cenário para ser usado no grupo focal baseado nessa categoria do tema axiologia e com o contexto do albinismo (ver apêndice 5). Para esse cenário, a maioria dos alunos discordou da explicação dada pela garota albina, quando uma colega de escola pergunta sobre a origem do seu albinismo: “Eu sou albina e eu nasci assim porque minha mãe me contou que quando ela estava grávida, ela encontrou com um homem assim, branquinho, albino e ela riu para ele. Por isso eu nasci assim”. Abaixo um trecho que retrata a opinião de alguns estudantes:

Pesquisadora – O que vocês acham da explicação de Maria Eduarda, concordam ou discordam?

Estudante 1 – Assim, em parte...

Pesquisadora – Diga estudante 1

Estudante 1 – Assim... eu não acredito nesse negócio de eu tô com desejo e se eu não comer minha filha vai nascer com cara...mas sabe, povo do interior sempre tem

uma história pra contar. Lá próximo tem uma moça que ela teve bebê e o filho dela nasceu com o pé torto. Eu tinha um tio que ele tinha o pé igual ao do menino, a mesma coisa. E antes de descobrir ela vivia fazendo pirraça, vivia apontando, rindo do pé dele... e quando a criança nasceu, o pé é idêntico ao do meu tio e ela não faz parte da família

Estudante 2 – *Eu acho que isso foi coincidência.*

Pesquisadora – *E você estudante 1, acha o que?*

Estudante 1 – *Eu não acredito muito nessas “superstições” (faz o gesto das aspas) do povo, mas com essa história assim, a pessoa fica até em dúvida, mas eu acredito que essas relações tem mais a ver com alguma alteração genética ou alguma coisa relacionada a gestação do que com algum fato místico que as pessoas...*

É possível observar no trecho acima que a estudante 1 inicialmente declara concordar em parte com a explicação dada pela garota do cenário, na sequência relata um caso semelhante, e quando questionada sobre sua opinião, declara dúvida e ao final assume “acreditar” mais em “alteração genética do que em algum “fato místico”. Nesse exemplo, é possível que o contexto que a estudante está inserida, a escola, influenciou na declaração da dúvida, relacionando-a à genética. Como ilustrado anteriormente, quando é abordada a categoria “culpa”, a partir de elementos do seu cotidiano, declara inicialmente uma opinião e quando questionada pela pesquisadora revela na sua narrativa elementos da ciência escolar.

Um achado interessante que Santos (2005) relata é que na família que convive com a neurofibromatose (família da Bahia), o aspecto mais proeminente é a “degeneração familiar”, que é revelada na diversidade de narrativas:

[...] os membros mais idosos da comunidade afirmam que “os caroços” – neurofibromas – teriam aparecido na família quando “Dona Romana” – “cabocla índia pega no mato” – casou com um branco desses safados”. Os caroços e as manchas teriam se originado de uma sífilis adquirida por ela, contaminando ou “empestando” o sangue de seus descendentes, dando origem assim às marcas e caroços encontrados na família (trecho da entrevista extraído de Santos, 2005, p. 40).

Nesse mesmo contexto acima, outra explicação admitia crença na “impressão materna”, e assim relatavam que a origem da neurofibromatose estaria vinculada ao mito de que “Dona Romana” teria guardado papel moeda entre os seios quando estava grávida e isso teria acarretado o surgimento dos “caroços” em todos os seus descendentes. E, ainda, os membros dessa família reconhecem os “caroços” como um “mal de família”, contudo não relacionam a uma doença. Para eles os neurofibromas são análogos a uma mancha, a uma pinta, ou a uma marca de família, as quais não acarretariam consequências mais graves para os indivíduos acometidos (SANTOS, 2005).

Outro contexto apresentado por Santos (2005) no seu livro, que trata do compromisso da categoria “impressão materna” são as explicações de Jéssica, uma criança de nove anos de idade que estava cursando a terceira série. Quando foi solicitada que explicasse por que os filhos se assemelham aos pais, ela relata:

“[...] tem muitas mães que falam assim: eu não quero que meu neném nasça desse jeito, com esse orelhão; aí o neném nasce com orelhão. Ah, meu filho não pode nascer ruivo. Aí o neném vai e nasce ruivo. Tem mães que falam assim: quero uma menina. Ai nasce um menino. Ela tem de se contentar, tem de falar assim...Que sexo você quer para o neném, menino ou menina? Tem de falar assim: qualquer um serve, o importante é que venha com saúde, venha de todo jeito (trecho de entrevista, extraído de Santos 2005, p. 119).

Para Jéssica, o nascimento de crianças deficientes é entendido como causa mística ou divina, e relata:

“Às vezes a culpa é dos pais. Pais que não frequentam a igreja, não rezam à noite, que não acreditam em Deus” (trecho de entrevista, extraído de Santos 2005, p. 120).

No contexto acima mencionado é possível se constatar que a criança constrói sua narrativa com base em ideias que são compartilhadas pelos adultos no cotidiano. A axiologia aparece claramente quando relata que os pais têm culpa pelo nascimento de crianças deficientes, porque não participaram dos cultos religiosos ou porque cometeram algum pecado.

Santos (2005) elabora um quadro teórico sobre a diversidade de modelos explicativos para a herança e nesse contexto admite dois domínios: o do conhecimento e a “história familiar de vivência com a doença” que se constitui no conhecimento cotidiano, e assim, recorta um universo de ideias, criando quadrantes, os quais por sua vez, abrigam grupos e indivíduos que tendem a elaborar explicações com algumas características comuns e previsíveis. Nesse contexto, destaco o quadrante I, proposto pela autora, que se caracteriza por explicações encontradas em grupos de indivíduos com acesso restrito ao conhecimento escolar e com pouca história familiar com a doença. Nesse caso, a autora afirma que quanto maior a motivação afetiva, derivada da gravidade da anomalia, mais as explicações tenderão a agregar informações provindas do universo cotidiano e, em geral os indivíduos pertencentes a esse quadrante vivem com sentimento de vergonha, frustração e culpa.

Para ilustrar o que acima está proposto para o quadrante I (SANTOS, 2005), há um trecho de entrevista de uma mulher, consulente que teve dois filhos afetados por uma anomalia de herança recessiva conhecida por epidermólise bolhosa congênita. As crianças nasceram com seus corpos recobertos por bolhas e morreram alguns meses depois do nascimento. A consulente relata que as bolhas devem ter sido formadas quando o bebê ainda estava sendo gerado e explica que:

No homem e na mulher existiriam os “espermatozoides” semelhantes a bichinhos, ou girinos. Estes bichinhos se reproduziriam dentro do corpo da mulher à semelhança dos organismos usados para produção de iogurte caseiro. A consulente disse que isso ocorreria dentro do corpo da mulher. Os bichinhos ou “espermatozoides” se alimentariam do sangue materno e se movimentariam dentro do corpo em busca de alimento. O sangue penetraria no interior dos bichinhos quando eles se alimentassem do sangue, e um processo semelhante a esse ocorreria no interior dos testículos paternos. Alguns desses bichinhos carregariam algo ruim, oriundo dos genitores: o “sangue forte”. Durante a fecundação, haveria o encontro do sangue paterno e materno, ocorrendo algo análogo à reação entre fogo e gasolina. O encontro do sangue presente no “espermatozoide” feminino e masculino geraria calor responsável pelo aquecimento da água na qual os fetos estavam se desenvolvendo, queimando-os e por isto eles apresentariam as bolhas. A consulente afirmou que o sangue dela e do marido são iguais, ambos são tipo A... Ela disse acreditar que a maior parte dos bichinhos existente no corpo dela é ruim, mas existiam alguns bons. Estes últimos perceberiam seu sofrimento e, por isso, ela tinha certeza que o próximo filho do casal seria normal... De alguma maneira, o sofrimento emocional da mãe seria percebido pelos bichinhos, pelos “espermatozoides” no interior de seu ventre (SANTOS, 2005, p. 85-86).

É possível observar na explicação acima, uma narrativa permeada por crenças e valores. O compromisso de que o sangue é o fluido por meio do qual é transmitida a doença, e tendo ainda acrescentada a ideia de conferir ao sangue um valor: “sangue forte”, “algo ruim” que estaria nos espermatozoides. E, ainda, o compromisso axiológico “impressão materna”, o qual atribui que o comportamento da mãe pode afetar o feto: *“De alguma maneira, o sofrimento emocional da mãe seria percebido pelos bichinhos, pelos “espermatozoides” no interior de seu ventre”*.

Martins (2004), em pesquisa intitulada *Mitos e Crenças na Gravidez*, com objetivo de investigar se grávidas que frequentaram os serviços de saúde foram, ou não, influenciadas por mitos ou por crenças e identificar comportamentos expressos por estas diretamente dependentes de tais

crenças, constatou, a partir das entrevistas semiestruturadas realizadas com 100 mulheres que deram à luz, que 82% destas modificaram os seus comportamentos durante a gravidez em função de determinados mitos e crenças, constituindo, assim, elementos de segurança, de proteção, de conservação, de fé e de tradição que, no seu entender, é necessário manter. Afirma ainda no seu artigo que:

Todo o mistério em que durante milénios a reprodução humana esteve mergulhada levou à criação de mitos e à instituição de crenças na tentativa de explicar tudo aquilo que, até então, era inexplicável. Também a mulher, ao longo da sua vida, vai ouvindo relatos de experiências vividas por outros e de histórias que se transmitem sucessivamente de mãe para filha e que, não raras vezes, configuram crenças ou mitos determinantes dos seus comportamentos, geradores de receios e de medos a partir dos quais ela começa a construir a representação da sua própria gravidez.(p. 10).

Segundo Martins (2004), as referências a proibições de rituais permitem determinar os “rituais ligados à morte”. Os funerais e a ida a cemitérios foram descritos por 54 mães como provocando na criança alterações evidentes, como, por exemplo, a criança ficar amarela, ficar muda, ficar com o espírito do falecido, ficar assustada, a grávida poder abortar e a criança morrer. Em sua pesquisa, quarenta e sete das entrevistadas recorreram, durante a sua gravidez, a prescrições de atos religiosos ou a uso de objetos com o objetivo de proteger o bom desenvolvimento da sua gravidez e do seu filho. O medo do mau olhado ou do mal de inveja explica a necessidade de recorrer a algo de divino para proteger a gravidez de um eventual abortamento ou de uma malformação no bebê.

Durante a gravidez, o parto e o puerpério, as proibições e as prescrições são absorvidas a partir de representações simbólicas. É assim que se vão formando as crenças, representando as marcas da vida que são indispensáveis à sobrevivência individual e de grupo, mas que podem ser entendidas como obstáculo, quando se afirmam como dominantes, únicas e verdadeiras (MARTINS, 2004).

Jones (1999) afirma que: “a genética é uma ciência que está mais próxima da moral e da doutrina religiosa do que qualquer outra” (p. 11). Ainda sobre a relação entre genética e religião, traz que tanto a Bíblia como o Tora e o Alcorão exploram as regras que regem a existência: “a criação, a hereditariedade, o lugar do homem na natureza, o bem e o mal, destino e a

salvação” (p.11). Afirma, ainda, que o Antigo Testamento foi o primeiro texto de genética e que em grande medida é um registro de separação de quem se encontra entre os escolhidos, e que a ideia dos laços de parentesco universais, de uma humanidade comum é limitada ao Novo Testamento e tal qual como a maior parte dos escritos religiosos, eles são códigos para regulamentação da sociedade. Este autor traz que:

[...] algumas pessoas são rotuladas de inferiores, outras como nascidas para dominar. Nos tempos bíblicos, tal como atualmente, as qualidades humanas eram consideradas inatas e situadas para além de qualquer controle; o futuro, para o bem ou para o mal, era determinado à nascença [...] (p. 11).

Uma visão fatalista, segundo a qual o indivíduo não acredita que ele tem controle sobre sua saúde, que as doenças acontecem simplesmente porque tem que acontecer, como se fossem só azar, está na crença de que o destino dos indivíduos é inevitável e já está determinado. Segundo Santos (2005), essa crença sustenta muitas decisões dos consulentes encontradas em sua pesquisa, e referências também encontradas nos nossos dados empíricos. Tal visão tem sido descrita na literatura especializada como fatalismo (DAVISON, 1989; 1991 apud SANTOS, 2005). É possível, assim, relacionar essa visão fatalista ao compromisso que atribui a atitude de se acatar e se conformar com o que é herdado, da categoria “conformismo”, presente na matriz semântica (tabela 1).

Um exemplo do que está descrito acima pode ser constatado em um trecho de entrevista de consulente, relatado na pesquisa de Santos (2005):

Eu acho que todo mundo sabe assim que corre um certo risco... Não é que a gente não tinha esclarecimento, a gente tinha. Porque meu marido é muito inteligente e eu também. Mas você sabe que gosta de alguém, você aposta na sorte, você reza e aquela coisa toda. E acha que vai dá. E eu sou muito positiva, e ele não é muito ligado nessas coisas afetivas. Mas, eu sou muito positiva, então eu não ficava pensando nisso. Eu achava que o que tinha de ser, vai ser, independente de eu querer interromper. Então a gente deixou acontecer.

(Excerto de entrevista disponível em Santos, 2005, p. 98).

A relação da herança biológica com o sangue, já mencionada nos capítulos anteriores, assume uma forte relação com a axiologia, presente nos diferentes domínios genéticos considerados nessa pesquisa. Para esse contexto, a segunda zona do perfil proposto, “fatalismo pelo sangue” pode ser considerada tanto estabilizada por compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos quanto fortemente influenciada pela dimensão axiológica na

modulação dessa zona. A seguir serão mostrados dados que revelam essa relação, presentes nos diferentes domínios aqui propostos.

“Irmãos de sangue”, “sangue azul”, “sangue frio” são todas expressões que se deslocaram da órbita da ciência para a da metáfora... “mas se alterarmos um pouco a linguagem e substituirmos “sangue” por “gene”, estamos subitamente no mundo moderno” (JONES, 1999, p. 22).

Com a ideia de que o sangue retém o seu poder, Jones (1999) relata que no exterior do santuário budista situado na ilha sagrada de Miyajima, no Japão:

[...] há uma caixa vermelha com quatro orifícios rotulados A, B, AB e O. No interior, há mensagens em folhas de papel dobrada contendo a sorte dos indivíduos dos grupos sanguíneos apropriados. Os do grupo O são, dizem eles, descontraídos; aspiram à liderança, mas não se preocupam muito com os pormenores. Os indivíduos do grupo B são excêntricos, os do grupo A, conservadores e cooperantes. Os ABs, dadas as suas contradições interiores, são temperamentais e distantes. Os As e Bs devem evitar-se mutuamente, mas qualquer dele seria feliz com um parceiro AB. Os do grupo O devem limitar-se aos indivíduos do seu próprio grupo e manter-se longe dos Bs. Os casais japoneses que planejam casar-se querem muitas vezes saber o grupo sanguíneo uns dos outros, e existem tentativas de organizar as coisas de modo a que os escritórios tenham a mistura certa, garantindo assim uma harmoniosa relação de trabalho (p. 22-23).

A ideia de compatibilidade sanguínea tanto do Sistema ABO¹³ quanto do sistema Rh¹⁴ é muito comum nas narrativas que tratam do fenômeno da herança, disseminada tanto em contextos escolares quanto na população de maneira geral. Esta ideia está principalmente ligada à crença compartilhada de que muitas vezes o nascimento de crianças com deficiências ou com doenças se dá por incompatibilidade sanguínea do sistema ABO, como já mencionado anteriormente, e constatada nos dados nos diferentes domínios consultados (capítulo III).

Em artigo que mostra contextos significativos em que se constroem, de modo variável, valores e práticas familiares dentro de uma mesma classe

¹³ Compatibilidade e Incompatibilidade Sanguínea no Sistema ABO trata das possibilidades de realização de transfusões sanguíneas seguras por meio de exemplos dos grupos sanguíneos do sistema ABO e das “substâncias” que caracterizam a compatibilidade ou a incompatibilidade sanguínea (PSCHISKY; MAESTRELLI; FERRARI, 2003).

¹⁴ Possibilidades de realização de transfusões sanguíneas seguras envolvendo o fator Rh. “As pessoas Rh-positivas podem receber tanto sangue Rh positivo como negativo, pois não possuem nem produzem anticorpos anti-Rh; já as pessoas Rh-negativas só devem receber sangue Rh negativo, caso contrário passarão a produzir o anticorpo anti-Rh” (FAVARETTO; MERCADANTE, 1999, p. 136)

social, Marcelin (1999) propõe uma etnografia que leva em conta categorias e experiências (representações e práticas), determinadas por processos sócio-históricos e culturais, como foco de análise do domínio da família e do parentesco entre os negros no Recôncavo da Bahia. Nesse contexto, a referência ao laço biológico é explícita nas formulações:

[...] a existência física de uma pessoa é determinada pelo ato sexual entre um homem e uma mulher; a condição de existência de toda pessoa é a família. Todo indivíduo herda, pelo sangue, características positivas e negativas do pai e da mãe, os quais herdaram dos seus respectivos pais, e assim por diante (p. 40).

Segundo Marcelin (1999), o que constitui a essência do parentesco é o sangue. O sangue une os iguais, pois uma pessoa pode herdar dois tipos de sangue: o bom e o ruim. O sangue bom forma a personalidade básica daquele/a que é de boa índole. Aquele que herda o sangue bom é marcado pelo trabalho, pelo esforço permanente em enfrentar as dificuldades cotidianas; tem “jogo de cintura”, a inteligência daquele que sabe negociar com a vida, com as circunstâncias adversas do trabalho e com os mediadores dos poderosos. Todas estas qualidades sintetizam-se nos termos “trabalhador” e “lutador”. Assim, afirmam que a pessoa de raça branca é, por natureza, de sangue bom. Em geral, ela é honesta, trabalhadora, séria, educada, respeitável e respeitada. O sangue bom é mais generalizado entre os brancos e por serem depositários do sangue bom, eles têm mais raça do que os negros.

No estudo de Santos (2005), na análise dos depoimentos de membros das famílias da Bahia e Rio Grande do Norte, afetadas pela Síndrome de SPOAN, anteriormente mencionada, constata-se que a tradição consanguínea mantida por membros de muitas famílias conserva preconceitos, e evitando-se, por exemplo, os casamentos com “*peessoas de cor, os morenos*”. Nesse contexto, para a maioria dos entrevistados, “os casamentos na família dão certo”, e relata que praticamente não existe divórcio entre os casais consanguíneos. Ao passo que, entre os casais não aparentados, são descritos inúmeros exemplos de agressões, traições e separações, e nesse caso, a família entrevistada é protestante e a maioria dos indivíduos frequenta os cultos da Igreja Assembleia de Deus. Nesta doutrina, não existem restrições ao casamento consanguíneo e grande valor é dado às uniões entre indivíduos pertencentes à congregação religiosa.

Como observado nesta seção, em muitos trechos de narrativas amostrados aqui, presentes tanto nos nossos dados empíricos quanto na literatura em ensino, e também constituindo marcadamente a história do conceito de herança, constata-se a presença da dimensão axiológica influenciando diretamente na significação desse conceito. A partir dessa perspectiva, podemos refletir sobre o quanto a dimensão axiológica, seja na forma de compromissos axiológicos que irão individualizar as zonas, juntamente com os compromissos epistemológicos e ontológicos, ou modulando as zonas em determinados contextos discursivos, se constitui em obstáculos axiológicos no processo de ensino e aprendizagem no contexto do ensino de genética.

Nesse contexto, Dalri (2010) propõe que os obstáculos à aprendizagem:

[...] "podem ser variados, mas, particularmente, podemos associá-los a falhas na comunicação, como discursos lacunares na interação dialógica, a não-criação de intersubjetividade na negociação de significados e também à falta de explicitação dos compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos dos conceitos assumidos e evocados nos enunciados dos interlocutores" (p. 99).

Assim, ter conhecimento do quanto a dimensão axiológica pode desempenhar um papel de importância no processo de ensino-aprendizagem, pode significar, por exemplo, um sucesso na comunicação e consequentemente na negociação de significados que se estabelece na interação dialógica ligada ao nível de intersubjetividade entre os sujeitos que negociam esses significados e valores, que podem ser revelados no próprio contexto no qual são definidos e o qual estão definindo. A partir do conhecimento da importância dessa dimensão no processo de ensino e aprendizagem, e também com identificação desse compromisso axiológico, novas práticas de sala de aula e novos tipos de contrato de trabalho podem ser estabelecidos entre professor e estudantes.

CAPÍTULO V – A organização da polissemia do conceito de herança biológica: a construção de uma matriz semântica

Modos de pensar são concebidos no programa dos perfis como modos estáveis de significar um determinado tipo de experiência à luz de um dado conceito, interpretando-o com base em determinados compromissos ontológicos, epistemológicos e axiológicos (que estabilizam o modo de pensar) e, assim, atribuindo-lhe um determinado significado construído socialmente (MORTIMER *et al.*, 2014).

Cada modo de pensar é modelado como uma zona em um perfil conceitual, estabilizada por compromissos ontológicos, epistemológicos e axiológicos (MORTIMER *et al.*, 2014). Para identificar e organizar tais compromissos no caso de conceitos muito polissêmicos, a construção de uma ferramenta metodológica, nomeada “matriz epistemológica”, foi proposta por Sepulveda (2010). A matriz se constitui uma ferramenta de sistematização dos achados da pesquisa sobre o conceito nas diversas fontes. Assim, como passo para a individualização de zonas do perfil de herança, em primeiro momento, foram identificados os temas epistemológicos. Para cada um destes temas foi designado um conjunto de compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos, sistematizados e nomeados em categorias expandidas e organizadas na matriz.

Sobre a nomenclatura da ferramenta proposta por Sepulveda (2010), matriz, “epistemológica”, alguns questionamentos já foram levantados por membros do próprio programa de pesquisa em perfil conceitual. A tensão em relação ao nome da ferramenta é justamente por essa envolver não só a dimensão epistemológica, mas também a ontológica e axiológica. Estamos propondo aqui neste trabalho a denominação de “matriz semântica”, no sentido de que “semântica” captura melhor a natureza da matriz, como uma ferramenta que organiza diferentes significados atribuídos a um conceito, sendo assim uma matriz de significação, enquanto que, ao nomear a matriz de “epistemológica”, temos o problema de que coloca em primeiro plano um dos tipos de compromissos que são usados para identificar zonas do perfil, em detrimento dos outros (ontológicos e axiológicos).

Segundo Sepulveda (2017), os compromissos que compõem a matriz dizem respeito a pressupostos sobre o caráter de entidades, eventos e processos naturais e sobre o modo como tais entidades, eventos e processos podem ser conhecidos, respectivamente, que têm centralidade e dirigem a significação de um conceito.

Levando em conta que a construção dos compromissos considera as dimensões epistemológica, ontológica e axiológica, Rodrigues e Mattos (2007) propõem que um dos aspectos que contribuem para um maior entendimento do perfil é justamente a compreensão destas dimensões, levando à ampliação da noção de perfil conceitual como definida originalmente por Mortimer (1995), e neste contexto, consideram que se pretendemos compreender, de forma mais ampla, a comunicação humana e a formação de intersubjetividade, quando os sentidos dos eventos são estabelecidos entre os indivíduos integrantes, devemos considerar estas três dimensões. Advogam, ainda, que estas três dimensões devem ser apreciadas se a intenção é descrever a formação de conceitos em um indivíduo.

A dimensão epistemológica refere-se à produção do conhecimento, bem como das diversas interpretações da natureza, representadas nas mais diversas correntes filosóficas. Tem suas origens na história e filosofia da ciência, assim como na história da humanidade, correspondendo ao “como” conheço determinado objeto nessa dimensão. Sobre a dimensão ontológica, ao responder “o que é?” o objeto, nos referimos à natureza dos objetos e, desta forma, está intimamente ligada à polissemia de determinado conceito, conferindo diversas naturezas possíveis. A dimensão axiológica refere-se aos valores atribuídos a determinados objetos. Revela as motivações e intenções em que um conceito pode ou não ser utilizado. Possui raízes na antropologia e na sociologia, sendo um componente fortemente sociocultural. O uso de um conceito dentro de um contexto, nessa dimensão, está ligado ao contexto de uso (RODRIGUES; MATTOS, 2007). Considerações sobre a dimensão axiológica foram feitas no capítulo anterior (capítulo IV).

5.1. Temas semânticos em torno dos quais a polissemia do conceito pode ser organizada

A partir do diálogo entre os estudos epistemológicos e históricos, a literatura de concepções alternativas, os dados obtidos em entrevistas, grupo focal, e análises de episódios de ensino envolvendo alunos do Ensino Médio, e questionários de alunos do Ensino Superior, foi possível identificarmos oito temas semânticos a partir dos quais o conceito de herança pode ser significado: (1) ontologia, (2) axiologia, (3) contribuição parental para a herança, (4) fator causal, (5) unidade de herança, (6) mediador de transmissão da herança, (7) natureza da herança e (8) mecanismo de herança. Estes temas estão dispostos na matriz semântica no Quadro 1.

Ao caracterizarmos preliminarmente as zonas propostas de um modelo de perfil para o conceito de herança biológica, nos fundamentamos na proposta de abordagem do conceito tendo como pergunta: O que explica a estabilidade inter-geracional, a manutenção da forma dos organismos? Ou dito de outra forma, qual a explicação para a persistência de características individuais através das gerações, para as semelhanças de parentesco, claramente reconhecíveis, que são passadas dos pais à descendência?

Considerando os diferentes domínios genéticos, cada zona é individualizada e caracterizada a partir de uma combinação de compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos referentes aos oito temas que estruturam a matriz.

Ao analisar as respostas referentes à pergunta “O que é herança biológica?” nos deparamos com três categorias pertencentes ao tema ontologia: a) característica – a herança é concebida como características que se herda dos antecessores; b) processo – como a transmissão das características entre gerações - categorias específicas do âmbito da biologia e a terceira, c) legado parental, como envolvendo todo e qualquer legado que se herda e se transmite da geração parental para a prole. Mesmo a pergunta situando a herança ao caráter biológico, em contextos de ensino de biologia, nota-se que no âmbito da cultura geral, a herança pode ser compreendida como tudo o que se herda e se passa. Neste contexto, Spinger (1999) investigou o que leva as crianças para além de uma compreensão social das famílias, tais como carinho e proximidade, para a noção de que as relações

familiares podem ser definidas em termos de algo não observável, os laços biológicos. Afirmo que a concepção social da família é baseada em fatores sociais ou perceptivos, facilmente observáveis, como o mesmo sobrenome, semelhança física, bens pessoais, familiares que vivem e fazem as coisas juntos, alimentando uns aos outros, e tendo contatos sociais. Aponta ainda que uma concepção biológica da família ou do parentesco se baseia em fatores que não são facilmente observáveis, uma relação genética causada por genes, cromossomos e DNA.

Axiologia é o segundo tema da matriz e, como já mencionado, o conceito de herança é fortemente influenciado pela dimensão axiológica, por valores e crenças. Quatro categorias estão dispostas na matriz e os compromissos identificados foram obtidos principalmente através da literatura de concepções alternativas e de nossos dados empíricos referentes, destacando as entrevistas, grupo focal e análise das interações discursivas em salas de aula do Ensino Médio. As categorias e compromissos listados para o tema são: a) impressão materna – atribuição de que o comportamento da mãe pode afetar diretamente a fisiologia da reprodução, causando, assim, danos ao feto; b) conformismo – atitude de se conformar e se acatar o que é herdado, não conseguindo atribuir explicação para o fenômeno da herança; c) punição – atribuição das doenças genéticas à transgressão de regras de conduta pelos genitores, que resulta em punições relacionadas à crença e à fé e d) culpa – atribuição de sentimento de culpa aos genitores por deficiências na prole.

Um exemplo de explicação para as categorias do tema axiologia foi encontrado na literatura, descrito por Kromberg e Jenkins (1997) que relatam que em comunidades africanas havia uma tendência à negação do aborto seletivo quando era diagnosticada alguma deficiência durante o atendimento pré-natal. Mostram que estudos enográficos evidenciaram que havia uma crença compartilhada na comunidade que o indivíduo não tem controle sobre o seu destino, o qual seria determinado por forças sobrenaturais, levando os indivíduos a expressarem uma concepção conformista durante as sessões de aconselhamento, dizendo: *“se eu tiver uma criança deficiente no útero, eu tenho de dar à luz essa criança e eu não posso fazer nada sobre isso”*. A dimensão axiológica, como já mencionado, tem uma importância grande quando se trata do conceito de herança e foi abordada no capítulo anterior.

Quatro dos oito temas dispostos na matriz dizem respeito à causalidade da herança: i) contribuição parental para a herança; ii) fator causal; iii) veículo de transmissão e iv) mecanismo da herança.

O terceiro tema integrante da matriz diz respeito à contribuição parental para a herança e está caracterizado em três categorias que se referem à relação de atribuição de desenvolvimento dos traços fenotípicos aos genitores, sendo estas características: a) contribuição exclusiva – apenas um dos genitores contribui; b) contribuição diferencial – diferença entre os genitores na contribuição e c) contribuição equivalente - ambos os genitores contribuem igualmente. Um exemplo de explicação para a contribuição exclusiva na atribuição dos traços consiste na explicação de um estudante da terceira série do ensino médio para este tema. O contexto é a provocação da professora na aula, sobre a ideia de contribuição parental para a herança:

Estudante - *Eu acho que isso é relativo, se for uma característica feminina, ou masculina, se for masculino é mais com o pai porque é o pai que define o espermatozoide fêmea e o espermatozoide macho. O pai é que define essa característica.*

(Excerto de interação discursiva em aula do Ensino Médio)

No que diz respeito à polissemia gerada em torno do quarto tema, fator causal, foi possível identificar três categorias: a) uma visão de determinismo por desígnio, a qual atribui a causa da herança a um acontecimento que se interpõe ao destino dos genitores ou antepassados; b) visão de determinismo por partícula, que atribui importância causal maior às partículas que carregam o potencial para o desenvolvimento dos traços fenotípicos e c) uma visão de paridade causal, que atribui igual importância a diferentes fatores, como genéticos, ambientais e epigenéticos. Esta última visão não aparece nos dados empíricos coletados no contexto do Ensino Médio, e nos questionários aplicados a estudantes do Ensino Superior de Ciências Biológicas, é possível a constatação, mas sem detalhes e sem identificação, por exemplo, de quais fatores seriam estes relacionados ao fator causal da herança.

A unidade de herança é o quinto tema da matriz e para este tema foram propostas três categorias: a) características, sendo que para esta categoria existe o compromisso de que o organismo herda o traço em si, inclusive podendo ser um conjunto de características em miniatura, relacionada ao preformacionismo, que está relacionado à categoria característica, do tema

ontologia, citado anteriormente. As demais categorias seriam: b) entidades particuladas, que atribui a unidade de herança às partículas auto-reprodutoras como transmissoras de toda a informação necessária para a especificação das características de um indivíduo e c) potencial para a característica, tendo como explicação neste contexto a ideia de que se herda a unidade dotada do potencial e que a característica surgirá por meio do desenvolvimento do indivíduo.

O sexto tema em torno do qual se produz polissemia na significação do conceito de herança diz respeito ao mediador da transmissão. Ao se pensar na mediação dos atributos dos indivíduos ao longo das gerações, três categorias são propostas, sendo elas: a) fluidos corporais, podendo ser estes fluidos o sêmen ou o sangue; b) células reprodutivas, tendo os gametas mediando a transmissão pelas gerações e c) sistema desenvolvimental, que tem como pressuposto a ideia de que os atributos dos indivíduos envolvem vários recursos que são passados de uma geração para outra, estando assim disponíveis para a reconstrução do ciclo de vida do organismo.

Quanto ao tema natureza da herança, a polissemia aparece identificada em duas categorias: a) herança tênue (*soft inheritance*), caracterizada pela ausência de constância de geração a geração, implicando que as características oriundas de condições às quais os pais são expostos durante a vida podem ser transmitidos às gerações seguintes. A plasticidade do material genético é admitida e decorrente da incorporação de tais características ou de seus potenciais, ou de seus determinantes. Neste caso poderíamos caracterizar resumidamente como a herança biológica de caracteres adquiridos (não-genética); b) herança dura (*hard inheritance*), caracterizada pela constância e rigidez do material hereditário de geração a geração, e só as mutações provocam as mudanças.

O último tema elencado na matriz semântica é o mecanismo de herança, e quatro categorias são propostas: a) ausência de explicação, relacionando a suficiência do fenômeno do nascimento, a origem biológica do novo organismo à herança, dispensando, assim, uma explicação; b) herança por mistura, quando ocorre fusão completa dos materiais hereditários paterno e materno, sendo contraposta pela ideia de c) herança particulada, em que a herança é explicada pela mediação e/ou controle de partículas e que estas não se

fundem, mas sim ocorre a segregação, e por fim, d) os sistemas de herança, que são caracterizados por atribuir diferentes mecanismos, processos e fatores à herança, pelos quais diferentes tipos de informações hereditárias são armazenadas e transmitidas entre as gerações.

5.2. A matriz semântica para o conceito de herança biológica

Para cada um dos temas epistemológicos acima mencionados, foram identificados compromissos ontológicos, epistemológicos e axiológicos que podem fundamentar a interpretação do fenômeno da herança biológica. Estes conjuntos de compromissos são apresentados na forma de categorias interpretativas do conceito de herança e estão presentes no Quadro 2. Este quadro é a matriz semântica e, segundo Sepulveda (2013), a construção dessa ferramenta se constituiu um passo metodológico fundamental na constituição das zonas, no caso específico da autora, do modelo de perfil conceitual de adaptação, e assim a adotamos para a construção do modelo de perfil de herança biológica.

Quadro 2. Matriz semântica a partir da qual o conceito de herança biológica pode ser significado

Tema Semântico	Categorias	Compromissos Ontológicos, epistemológicos e axiológicos
1. Ontologia	a. Característica	A herança é concebida em termos de características que são herdadas dos antecessores.
	b. Processo	A herança é concebida como a transmissão das características de uma geração a outra.
	c. Legado parental	Herança é tudo aquilo que se herda e se transmite da geração parental para a prole.
2. Axiologia	a. Impressão materna	Atribui que o comportamento da mãe pode afetar diretamente a fisiologia da reprodução e causar danos ao feto.
	b. Conformismo	É atribuída aos pais a atitude de se conformar, de se acatar com o que é herdado.
	c. Punição	Atribui-se as deficiências genéticas à transgressão de regras de conduta pelos genitores que resulta em punições relacionadas à crença e fé.

	d. Culpa	Associa o nascimento de crianças com alguma deficiência ao sentimento de culpa dos genitores. As mutações são entendidas como castigo a comportamentos moralmente inadequados. .
3. Contribuição parental para a herança	a. Contribuição exclusiva	Atribui desenvolvimento de traços fenotípicos à contribuição de apenas um dos genitores.
	b. Contribuição diferencial	Atribui desenvolvimento de traços fenotípicos à contribuição diferente de ambos os genitores.
	c. Contribuição equivalente	Atribui desenvolvimento de traços fenotípicos à contribuição igual de ambos os genitores.
4. Fator causal	a. Determinismo por desígnio	Atribui-se a causalidade da herança a um acontecimento que se interpõe ao destino dos genitores ou antepassados.
	b. Determinismo por partícula	Atribuição de importância causal maior às partículas que carregam o potencial para desenvolvimento de traços fenotípicos que aos demais fatores envolvidos na herança.
	c. Paridade causal	Atribuição igualmente importante a diferentes fatores causais (genéticos, ambientais e epigenéticos) envolvidos na herança e no desenvolvimento de traços fenotípicos.
5. Unidade de herança	a. Característica	A unidade que o organismo herda é um traço em si, uma característica. Pode ser um conjunto de características em miniatura.
	b. Entidades particuladas	A herança é atribuída a partículas auto-reprodutoras que transmitem toda a informação necessária para especificar as características de um organismo.
	c. Potencial para a característica	O que é herdado é uma unidade dotada do potencial para uma característica, a qual surge por meio do desenvolvimento do organismo.
6. Mediador da transmissão da herança	a. Fluidos corporais	Os atributos dos indivíduos estão presentes no sêmen ou no sangue produzido pelos progenitores, por meio dos quais são transmitidos através das gerações.
	b. Células reprodutivas	Os atributos dos indivíduos estão presentes nas células reprodutivas, nos gametas, que mediam sua transmissão através das gerações.

	c. Sistema desenvolvimental	Os atributos dos indivíduos envolvem uma variedade de recursos que são passados de uma geração para outra, estando assim disponíveis para a reconstrução do ciclo de vida do organismo.
7. Natureza da herança	a. Herança tênue (<i>soft inheritance</i>)	O material hereditário não é constante de geração a geração, porque características oriundas de condições às quais os parentais estão expostos durante a vida podem ser transmitidas às gerações seguintes. Admite-se plasticidade do material genético decorrente da incorporação de tais características, ou de seus potenciais, ou de seus determinantes.
	b. Herança dura (<i>hard inheritance</i>)	O material hereditário é constante de geração a geração. Ele somente muda mediante alteração súbita e radical, denominada “mutação”
8. Mecanismo de herança	a. Ausência de explicação etiológica	A herança é relacionada à suficiência do fenômeno do nascimento, à origem biológica de um novo ser, a qual dispensa explicação. É concebida como um fenômeno auto-evidente.
	b. Herança por mistura	Herança que atribui fusão completa dos materiais hereditários paterno e materno.
	c. Herança particulada	Explica-se a herança pela mediação e/ou controle de partículas, que são transmitidas para a prole do mesmo modo como foram herdadas da geração anterior.
	d. Sistemas de herança	Herança que atribui diferentes mecanismos, processos e fatores, pelos quais diferentes tipos de informações hereditárias são armazenados e transmitidos entre gerações.

No capítulo seguinte será mostrada a combinação desses diferentes temas, categorias e compromissos no processo de individualização das zonas. Para cada zona proposta, ao final da descrição serão apresentados quadros

com esses elementos da matriz para melhor entendimento da sua caracterização.

CAPÍTULO VI – Individualização e caracterização das zonas de um perfil conceitual de herança biológica

Neste capítulo será apresentada a proposta de perfil conceitual de herança biológica, que modela os diferentes modos de pensar e formas falar o conceito, quando empregado nas explicações para a persistência de características individuais através das gerações, para as semelhanças de parentesco, claramente reconhecíveis, que são passadas dos pais à descendência.

Será feita uma caracterização do modelo proposto, que é constituído por quatro zonas a partir da combinação de compromissos referentes a cada um dos oito temas que estruturam a matriz semântica (Quadro 1), e que implicam nos modos de pensar e nas formas de falar o conceito representado. Destaco que a importância de cada um destes temas para compor as zonas sofre variação em relação ao contexto de produção de conhecimento, a exemplo da construção do conhecimento escolar no contexto do Ensino Médio, do ensino superior, por exemplo, e em relação ao contexto de produção da pesquisa em genética molecular ou na genômica. Nestes contextos de produção, há uma maior negociação de significados do conceito em torno de determinados temas semânticos e conjunto de compromissos do que outros. É possível perceber, por exemplo, a ausência da categoria “paridade causal”, a qual atribui igualdade de importância a diferentes fatores causais para o fenômeno da herança (genéticos, ambientais e epigenéticos), assim como a ausência de “sistemas de herança” como categoria que atribui diferentes mecanismos, processos e fatores pelos quais diferentes tipos de informações hereditárias são armazenados e transmitidos entre gerações, na identificação das zonas do perfil que construímos. Estas categorias estão presentes no tema mecanismo de herança na matriz semântica, no entanto não apresentam expressividade na negociação de significado no contexto do Ensino Médio.

Na descrição das zonas, sempre que possível, ilustraremos os modos de pensar e de falar com trechos provenientes dos dados empíricos coletados e da literatura de concepções alternativas.

Alguns dos compromissos que não apareceram na gênese do conceito de herança na produção do conhecimento escolar no ensino de genética, tanto

no nível médio quanto no superior de escolarização, têm dominado debates que envolvem os processos de significação desse conceito entre biólogos teóricos e filósofos da biologia contemporâneos (LANN, 2012). Vale ressaltar que a perspectiva determinística genética de explicação para o fenômeno da herança é amplamente compartilhada pelos sujeitos, sejam eles alunos do Ensino Médio ou do Ensino Superior.

Ao apresentar o conjunto de compromissos que compõem as zonas do perfil, estas são consideradas levando em conta o tratamento dos dados nos diferentes domínios genéticos, tendo como base a história do conceito, a revisão de literatura sobre concepções alternativas dos estudantes e dados empíricos coletados: entrevistas, dados de interações discursivas em sala de aula, questionários e grupo focal. Ressalto que nem sempre foi possível, para cada zona proposta, incluir compromissos de todos os temas levantados na matriz, pois, ao colocar para dialogar os dados referentes aos três domínios, os modos de pensar identificados por um conjunto de compromissos que a compõem, não abarca sempre todos os temas em questão.

Formas de falar são expressões características de uma determinada zona conceitual que ajudam o analista a identificar a emergência dessas zonas nos enunciados. São úteis na análise de questionários e entrevistas e podem ser utilizados tanto para a identificação das zonas que formam um perfil conceitual, quanto para estudar a evolução da distribuição das zonas de um perfil previamente construído de uma determinada população (MORTIMER *et al.*, 2014a)

Como o objetivo deste estudo é elaborar um modelo de perfil conceitual de herança biológica que pode ser usado como ferramenta que tanto ampare o planejamento de ensino quanto analise interações discursivas em salas de aula de biologia, no contexto do Ensino Médio de genética, fizemos um investimento em individualizar zonas que possam modelar a heterogeneidade de formas de pensar e modos de falar sobre herança que emergem no discurso da produção de conhecimento escolar no Ensino Médio de biologia. Para tal propósito, consideramos central o investimento na investigação dos temas da ontologia, fator causal e mecanismo causal, sendo que, sempre que possível, outros temas são mobilizados para individualizar e caracterizar as zonas.

Quatro zonas foram propostas para este modelo, sejam elas: (1) Naturalização pelo nascimento; (2) Fatalismo pelo sangue; (3) Preformacionismo genético e (4) Epigênese. Ao iniciar a caracterização de cada zona proposta, será apresentado um quadro com os principais compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos elencados para cada uma das zonas propostas.

Sepulveda (2010, p. 162) considera que a abordagem em perfis conceituais “tem a intenção de modelar não apenas a heterogeneidade de formas de pensar o conceito, como também sua gênese, de modo a tornar possível a indicação de percursos a partir dos quais os diferentes significados para o conceito são desenvolvidos” e, neste caminho, os compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos que caracterizam as zonas são vistos a partir de uma perspectiva dinâmica, de acordo com a qual os compromissos de uma determinada zona tanto colocam limites como possibilidades para a significação de outras perspectivas.

Neste sentido, é importante, ao fazer a caracterização das zonas, considerar as dificuldades que alguns compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos podem dispor ao processo de significação de outros modos de pensar o conceito, de modo a impedir a emergência de determinada zona.

Sepulveda e El-Hani (2014), ao tratar da caracterização das zonas que compõem o perfil de adaptação, destacam que aspectos relativos a certos compromissos epistemológicos e ontológicos próprios das zonas geneticamente anteriores à desejável de ser trabalhada na perspectiva da ciência escolar se colocam como dificuldades a serem superadas pelos alunos nesse contexto. E destacam, ainda, que estes mesmos compromissos podem encerrar aspectos heurísticos que servem de sementes conceituais, ou seja, instrumentos de pensamentos para os alunos se aproximarem gradualmente do modo da ciência escolar de pensar e falar sobre o fenômeno que se deseja explicar. Essa aproximação poderia ocorrer de forma situada, ou seja, pela tomada de consciência de que existem outros modos de pensar que não são científicos.

Tomando como ponto de partida o que Sepulveda (2010) propôs para caracterizar as zonas do perfil de adaptação, faremos uma análise das

dificuldades que os compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos estabelecem para a significação da perspectiva cuja compreensão consideramos o objetivo do Ensino Médio de genética. Trata-se de uma perspectiva multifatorial da herança, a ideia de “sistema de herança”, a qual atribui diferentes mecanismos, processos e fatores pelos quais diferentes tipos de informações hereditárias são armazenados e transmitidos entre gerações. Destacaremos aqueles compromissos cuja negociação e aqueles, que de outro modo, a construção geram mudanças no processo de significação que favorecem a emergência dessa perspectiva, representada na quarta zona do perfil proposto, a “epigênese”, já que esta é a perspectiva aceita pela comunidade científica, que abarca uma compreensão do fenômeno da herança considerando diferentes mecanismos e processos envolvidos. Esse procedimento não implica que devemos perder de vista a legitimidade das outras zonas em outros contextos sociais. Neste perfil proposto consideramos que as duas primeiras zonas, “naturalização pelo nascimento” e “fatalismo pelo sangue” correspondem a concepções não científicas, representando formas mais intuitivas para o fenômeno da herança e a terceira e quarta, “preformacionismo genético” e “epigênese” são zonas científicas. Abaixo segue a descrição de cada uma das zonas propostas.

6.1. Naturalização pelo nascimento

A primeira zona do perfil está relacionada com uma concepção da herança como um fenômeno auto evidente. É caracterizada e constituída por interpretações em que a herança é concebida em termos ontológicos como legado parental, admitindo-se que a herança é tudo o que se herda e se transmite da geração parental para a prole. Neste modo de pensar, a herança não envolve apenas aspectos biológicos, mas também legado cultural, axiológico, ético, material e de história de vida. Esta zona é caracterizada também pela ausência de explicação causal e pela ênfase na descrição e caracterização da herança baseada no fenômeno da reprodução. No quadro 3 são apresentados os compromissos ontológicos, axiológicos e epistemológicos que estão envolvidos na gênese e estruturação deste modo de pensar e formas de falar.

Quadro 3. Temas categorias e compromissos que caracterizam a Zona 1 - Naturalização pelo nascimento

TEMA SEMÂNTICO	CATEGORIA	COMPROMISSO
Ontologia	Legado parental	Herança é tudo aquilo que se herda e se transmite da geração parental para a prole.
Axiologia	Impressão materna	Atribui que o comportamento da mãe pode afetar diretamente a fisiologia da reprodução e causar danos ao feto.
	Conformismo	É atribuída a atitude de se acatar e se conformar com o que é herdado.
Mecanismos	Ausência de explicação etiológica	Herança é relacionada com o fenômeno do nascimento, com a origem biológica, a qual dispensa uma explicação.

O compromisso ontológico de atribuir à herança o caráter de legado parental pode ser ilustrado no trecho de uma entrevista realizada com aluna do Ensino Médio, quando questionada sobre o que para ela é herança biológica:

Pesquisador: *O que é herança biológica?*

Estudante - *Herança pra mim é tipo riqueza, dinheiro de pai para filho, ou então pode ser também inteligência, tem vários tipos de riqueza. A mais comum pra gente é a financeira, sobre dinheiro.*

Pesquisador - *Mas no caso eu tô perguntando sobre herança biológica, que não é referente a dinheiro, biológica, o que seria pra você essa herança?*

Estudante - *Poderia ser... coisas do dia a dia com família, que eles passam pra gente de geração pra geração.*

Pesquisador - *Por exemplo, o que você acha que passa?*

Estudante - *Respeito ao próximo, respeitar todos. Não ter vergonha das pessoas que você anda, tem várias coisas, se eu for falar aqui vai ficar muito grande.*

Pesquisador - *E além dessas coisas de respeito, de valor, isso que você falou, tem mais alguma coisa que você acha que os pais passam para gente?*

Estudante - *Educação*

(Excerto de entrevista de estudante do Ensino Médio, 2015).

Nesse trecho é possível constatar que, mesmo quando o pesquisador faz uma intervenção e situa a estudante sobre a dimensão biológica da herança, perguntando mais uma vez sobre o que ela acha que é herança biológica, a mesma continua a associar a herança a algo que se herda, indistintamente, dos pais e familiares, de geração a geração, incluindo não só e prioritariamente a dimensão biológica, mas o legado cultural, material, axiológico e ético – valores e princípios compartilhados e aprendidos.

Ainda com o mesmo questionamento outra estudante responde:

Estudante - *Pra mim herança biológica é você herdar uma coisa do seu avô, ou de sua avó, ou de seu pai, de sua mãe.*

(Excerto de entrevista de estudante do Ensino Médio, 2015)

O compromisso relacionado à ausência de explicação causal é evidenciado na análise dos dados empíricos, mais especificamente, nas entrevistas com alunos do Ensino Médio, quando estes declararam, ao final de praticamente todas as entrevistas, estar impressionados com as perguntas sobre herança biológica, informando que nunca haviam pensado sobre aquelas questões para o fenômeno da herança, sobre algum mecanismo que explicasse as situações apresentadas por aquelas perguntas. No geral, os estudantes do Ensino Médio entrevistados não conseguiram dar explicações para o fenômeno condizentes com os objetivos da ciência escolar.

Mesmo alunos concluintes do Ensino Médio, ao final do ano letivo, que já tiveram acesso ao conteúdo de genética em sala de aula, não conseguem perceber a herança biológica como fenômeno a ser explicado. Nesta etapa de ensino, normalmente a herança não é apresentada aos estudantes como um fenômeno digno de explicação. A genética é abordada quase que exclusivamente por meio da resolução de problemas e, em geral, não há um momento no planejamento que contemple uma discussão do fenômeno da herança, evidenciando a história do desenvolvimento do conceito, que apresentasse as perguntas que lhe deram origem. O ensino de genética é tratado como se o aluno já tivesse conhecimento do fenômeno, o problema não é construído, o que de fato se constitui na ausência de construção do problema.

O ensino focado na resolução de problemas traz uma série de dificuldades para apropriação dos conceitos, que são essenciais para que os alunos entendam o fenômeno da herança. Normalmente, os estudantes conseguem resolver problemas relativos a este campo de conhecimento de modo algorítmico, sem de fato compreender os conceitos envolvidos. Neste sentido, a capacidade de resolver corretamente os tipos de problemas de genética mais frequentes nos livros didáticos e salas de aulas de biologia parece independe do domínio de conteúdos da área (STEWART, 1983; BANET; AYUSO; ABELIAN, 1996; BANET; AYUSO, 2003).

De acordo com Solomon e Johson (2000), ter compreensão de um fenômeno complexo implica ter um sistema de conceitos e princípios

explicativos. Consequentemente, ensinar às crianças uma explicação científica coerente de um fenômeno implica ensiná-las a coordenar um sistema de conceitos.

Solomon e colaboradores (1996), em pesquisa feita com crianças de 4 a 7 anos, constataram que, somente depois de 6 anos de idade, as crianças começam a diferenciar herança biológica de transmissão cultural e influências ambientais sobre as características. Afirmam que o primeiro passo para que crianças desenvolvam o conceito de herança é compreender que os processos que resultam na semelhança com os pais diferem de aprendizagem ou de outros mecanismos ambientais, ainda que não compreendam os possíveis mecanismos genéticos. Neste caso, a herança biológica tem uma relação causal com o nascimento. Os pais biológicos são causalmente associados com o nascimento e o nascimento é causalmente associado com a origem do corpo, e assim é que pais biológicos são causalmente associados com propriedades corporais. Em nossos dados empíricos, um dos contextos em que esta perspectiva emergiu foi na interpretação de um cenário referente à diferenciação de herança biológica de herança cultural ou social, quando é apresentado o caso de adoção de uma criança de um grupo étnico, das Ilhas Fiji, por uma família de outro grupo étnico da Austrália.

Pesquisador - *Você acha que a menina parece com seus pais Fiji ou com seus pais australianos que a adotaram? Por quê?*

Estudante 1 - *Com seus pais fiji porque ela veio deles. O casal australiano só fez adotar.*

Estudante 2 - *Os pais fiji, porque como ela nasceu nessa família, ela vai herdar a herança ou dos pais ou dos avós, ou dos tios, da herança mais puxada para a cor negra, e do cabelo black como é a família dela... (Excertos de entrevistas com alunos do Ensino Médio - E).*

Estudante 3 - *Com os pais Fiji, pois ela herdou as características dos pais biológicos e apenas a cultura dos adotivos (Excerto de questionário de aluno do Ensino Superior).*

Os resultados do estudo de Venville, Gribble e Donovan (2005) também nos mostram, em um trecho de entrevista com uma criança de 10 anos, num cenário em que uma cadela adota filhotes de tigre, a relação da herança com o fenômeno do nascimento:

Pesquisador: *Então você acha que quando crescer eles vão crescer para se parecer com um cão ou com um tigre?*

Vesna: *Olha, como um tigre.*

Pesquisador: *Por que você acha isso?*

Vesna: *Porque eles não nasceram do cão, eles nasceram de pais de tigre.* (trecho da entrevista com a estudante Vesna, extraído e traduzido livremente de Venville; Gribble; Donovan, 2005 p. 622).

Em nossos dados empíricos, em resposta a cenário parecido, em que gatos foram adotados por uma cadela (ver Apêndice F), estudantes do Ensino Médio apresentam perspectiva fundamentada no mesmo compromisso:

Pesquisador: *Os gatinhos irão miar como seus pais ou irão latir como a cadela que os adotou? Por que você acha isso?*

Estudante 1 - *Vão miar (risos). Imagina um gato latindo? Não sei explicar, mas acho que eles vão miar.*

Estudante 2 - *Porque eles já nasceram... eles podem até ter o mesmo jeito de fazer as coisas de um cachorro, mas eles sempre vão ser gatos, eles nasceram gatos, não tem como ser cachorro não.*

Estudante 3 - *(risos) miar.*

Pesquisador - *Você acha que...*

Estudante 3 - *Eles vão querer latir.*

Pesquisador - *Você acha pelo fato de conviver com o cachorro?*

Estudante 3 - *É, mas eles vão miar.*

Pesquisador - *Por quê?*

Estudante 3 - *Por ele ser gato e não cachorro. Eles nasceram gatos e vão ser gatos.*

Estudante 4 - *Com gatos. Porque se veio da mãe, lógico que vão herdar as características dela e não dos cães.*

(Excertos de entrevistas com alunos do Ensino Médio - E).

Nas entrevistas que foram realizadas nesta pesquisa, alguns estudantes acharam natural que assim o fosse, sem a demanda de explicações, considerando suficiente o pressuposto de que as características simplesmente são herdadas. De modo geral, o fenômeno da herança biológica é sequer reconhecido como tal e com isso não recorrem a um mecanismo que explique o fenômeno:

Estudante - *Eles vão se parecer com gato, por que os pais deles são gatos*

(Excertos de entrevistas com alunos do Ensino Médio).

Questionando estudantes do Ensino Médio em um grupo focal, a pesquisadora obtém a seguinte resposta, corroborando com os argumentos já expostos de que não há demanda de uma explicação para o fenômeno da herança:

Pesquisadora - *O que explica ser da mesma espécie seres parecidos uns com os outros? Por exemplo, por que moscas geram moscas, gatos geram gatos e cães geram cães? Por quê?*

Estudante - *É a mesma espécie se relacionar, ser humano com ser humano, gato com gato, cachorro com cachorro*

(Excerto de grupo focal com alunos do Ensino Médio)

Na coleta de dados por meio de grupo focal, foi apresentado aos estudantes um cenário envolvendo o caso de dois irmãos gêmeos idênticos, Kim e Bob, sendo que um apresentava desenvolvimento normal para a idade, enquanto o outro não apresentava o desenvolvimento dos caracteres sexuais secundários, distúrbio de desenvolvimento sexual decorrente da síndrome de Kallmann. O objetivo com o cenário era obter explicações para o caso ilustrado e identificar quais seriam os fatores causais levadas em conta nas explicações que envolviam o fenômeno da herança biológica. Abaixo, um trecho da transcrição das interações no grupo focal mostra a dificuldade dos estudantes em dar uma explicação para o caso:

Pesquisador - O que teria acontecido com Bob? O que vocês acham?

Estudante 1 – Ele teria desenvolvido mais a doença do que o outro.

Pesquisador – Como assim teria desenvolvido mais?

Estudante 1– Tipo assim, alguma causa deve ter feito desenvolver mais a doença nele do que no outro irmão, do que Kim.

Pesquisador – E você atribui isso a quê?

Estudante 1 – Eu acredito que tenha sido coisas naturais, não que veio dele... eu não tô conseguindo explicar.

Estudante 2 – Acredito que na reprodução, na célula ovo depois de formado, a causa que tenha provocado a síndrome tenha afetado mais um do que o outro, no momento da divisão. (Excertos do grupo focal com alunos do Ensino Médio).

Ainda no mesmo contexto do cenário acima tratado, outra estudante relata um caso em que a prole de um casal nasce com fenótipo distinto dos pais, e ao ser solicitada não consegue dar uma explicação:

Estudante 3 – No bairro que eu morava tinha um casal de negros que tinha 3 filhos e os 3 eram albinos, e uma filha era morena e tinha algumas manchas brancas

Pesquisador – E vc acha que isso foi o quê?

Estudante 3 – Eu não faço a mínima ideia

(Excertos de grupo focal com alunos do Ensino Médio - G).

Pinheiro (2007) destaca que a ideia de que a vida inicia-se a partir da fecundação envolvendo a participação de células germinativas, masculina (espermatozoide) e feminina (ovócito II) data do século XIX e que antes disso e por milhares de anos, a quase totalidade das pessoas acreditou que a vida iniciava-se ao nascimento.

A recorrência e a importância desse compromisso de relacionar causalmente a herança com o fenômeno do nascimento e com a origem biológica do corpo, pode ser explicada a partir de resultados obtidos no estudo de Springer (1999) apud VENVILLE; GRIBBLE; DONOVAN 2005). O autor propõe que uma "teoria do parentesco" surge quando as crianças aprendem que os bebês crescem dentro de suas mães. Springer explica ainda que esta

primeira teoria do parentesco é biológica, porque as crianças podem diferenciar características culturalmente herdadas ou aprendidas de características geneticamente herdadas, mas não genéticas, porque não podiam explicar os mecanismos causais.

Para essa primeira zona também foi incluído o tema axiologia, podendo servir de modulador nesse contexto. Na pesquisa de Santos (2005), Jéssica, uma criança de nove anos, quando solicitada a explicar porque os filhos se assemelham a seus pais, fez a seguinte consideração:

“[...] tem muitas mães que falam assim: eu não quero que meu neném nasça desse jeito, com esse orelhão: aí o neném nasce com orelhão. Ah, meu filho não pode nascer ruivo. Ai o neném vai e nasce ruivo. Tem mães que falam assim: quero uma menina. Ai nasce um menino. Ela tem de se contentar, tem de falar assim... Que sexo você quer para o neném, menino ou menina? Tem de falar assim: qualquer um serve, o importante é que venha com saúde, venha de todo jeito...” (Excerto da entrevista com a uma criança de nove anos, extraído de Santos 2005 p. 119)

Nesse trecho acima é possível a percepção na narrativa da criança que o princípio de que os pais devem se contentar com a expectativa de que sua prole venha com saúde e não tenham expectativas em relação a traços físicos e determinação do sexo, pode estar dirigindo/fortalecendo outros compromissos como o de que a explicação da herança pode ser reduzida ao evento do nascimento.

6.2. Fatalismo pelo sangue

Nesta zona atribui-se a origem das características de um ser ao nascer e sua semelhança aos parentes, ao fatal e inevitável compartilhamento do sangue, veículo pelo qual são transmitidos não só suas características físicas e/ou comportamentais como sua história de vida, seu destino. Em relação à outra zona, uma distinção em termos de compromisso epistemológico é que nessa zona a herança já é concebida como um fenômeno a ser explicado. Neste modo de pensar herança, o sangue é o fluido corporal mediador de transmissão das características ao longo das gerações. O sangue é reconhecido como agente principal de explicação da herança. No quadro 4, abaixo, são apresentados os compromissos que sustentam esse modo de pensar, relativos aos temas ontologia, axiologia, contribuição parental, unidade, mediador de transmissão e natureza da herança, fator causal, mecanismo causal. Este conjunto de compromissos está articulados ao determinismo por

desígnio, compromisso segundo o qual o fator causal da herança pode ser atribuído a um acontecimento que se interpõe ao destino dos genitores. Como podemos observar também no quadro 3, esse é um modo de pensar cuja gênese é fortemente mediada pela dimensão axiológica.

Quadro 4. Temas, categorias e compromissos que caracterizam a Zona 2 - Fatalismo pelo sangue.

TEMA SEMÂNTICO	CATEGORIA	COMPROMISSO
Ontologia	Característica	A herança é concebida em termos de características que são herdadas dos antecessores
Axiologia	Impressão materna	Atribui que o comportamento da mãe pode afetar diretamente a fisiologia da reprodução e causar danos ao feto
	Conformismo	É atribuída aos pais a atitude de se conformar, de acatar o que é herdado
	Culpa	Atribui o nascimento de crianças com alguma deficiência ao sentimento de culpa dos genitores. As mutações são entendidas como castigo a comportamentos moralmente inadequados.
	Punição	Atribui-se as deficiências genéticas à transgressão de regras de conduta pelos genitores que resulta em punições relacionadas à crença e fé.
Contribuição parental para a herança	Contribuição diferencial	Atribui desenvolvimento de traços fenotípicos à contribuição diferente de ambos os genitores.
Fator causal	Determinismo por desígnio	Atribui-se a causalidade da herança a um acontecimento que se interpõe ao destino dos genitores ou antepassados.
Unidade de herança	Característica	A unidade que o organismo herda é um traço em si, uma característica. Pode ser um conjunto de características em miniatura.
Mediador de transmissão da herança	Fluidos corporais	Os atributos dos indivíduos estão presentes no sêmen ou no sangue produzido pelos progenitores, por meio dos quais são transmitidos através das gerações
Natureza da herança	Herança Tênu	O material hereditário não é constante de geração a geração, porque características oriundas de condições às quais os parentais estão expostos

		durante a vida podem ser transmitidas às gerações seguintes. Admite-se plasticidade do material genético decorrente da incorporação de tais características, ou de seus potenciais, ou de seus determinantes.
Mecanismos	Herança por mistura	Atribui fusão completa dos materiais hereditários paterno e materno.

Os compromissos principais que estruturam e estabilizam essa zona são: o papel causal de acontecimentos que se interpõem ao destino dos genitores na determinação de traços da prole; a relação entre herança e sangue, ou seja, o forte compromisso de que a herança é transmitida por esse fluido, que se constitui precisamente o fluido corporal mediador de transmissão, combinado com a noção de herança tênue e por mistura, e a marcante ideia de que a unidade que o organismo herda é a característica. Esses compromissos emergem muito frequentemente nos dados referentes aos diferentes domínios genéticos deste conceito, considerados nesta pesquisa. A seguir apresentaremos alguns desses dados, a partir da transcrição de trechos de entrevistas, respostas a questionários, e citações da literatura em concepções alternativas, relativos aos domínios microgenético e ontogenético.

Em estudo que buscou verificar modelos para explicar fenômenos hereditários usados por membros de famílias nas quais são encontradas doenças genéticas, Santos (2005) propôs cinco categorias de modelos explicativos, segundo as causas atribuídas, organizando-os numa chave dicotômica, já descrita no capítulo III.

Tendo como referência os modelos acima propostos por Santos (2005), o modelo mítico pode ser caracterizado como um modelo permeado pela dimensão axiológica, já que caracteriza como aspectos míticos, por exemplo, castigo divino, punição por algum erro ou pecado. Podemos relacionar este modelo ao compromisso axiológico, da categoria culpa, que atribui o nascimento de crianças com alguma deficiência a sentimento de culpa, de castigo. Este compromisso emerge em um trecho de interação discursiva em sala de aula que transcrevemos a seguir, especificamente, um comentário que uma estudante faz no momento em que a professora discute um cenário a

respeito dos casos de Síndrome de SPOAN, retirado do trabalho de Santos(2005) (ver capítulo III):

Estudante. *Ali próximo ao cemitério São João Batista, tem uma casa com duas crianças com aparência de macaco, aí toda vez que eu ia visitar minha avó no cemitério, aí minha tia sempre falava que era porque o primo casou com a prima, e tiveram relação e por causa desse ato, a criança nasceu com a aparência de macaco.*

O compromisso axiológico que atribui a herança ao castigo por mau conduta dos genitores emergiu em outros contextos discursivos em sala de aula, por exemplo, quando a professora solicita dos alunos a avaliação do enunciado “Crianças nascem deficientes por causa de castigos de Deus”. Ao expressar sua concordância ou discordância, outro estudante faz uma relação que envolve a ideia de castigo com a ideia de que a herança se dá pelo sangue:

Estudante - *Ai eu sempre ficava pensando se era castigo de Deus mesmo*

Professora - *Por causa do parentesco?*

Estudante - *Por causa do parentesco, que era pecado primo com primo ou se era coisa do sangue, da genética.*

(Excerto de interação discursiva em sala de aula do Ensino Médio)

A noção de incompatibilidade para a reprodução causada pelo sangue emergiu com frequência nas entrevistas realizadas com estudantes do Ensino Médio, assim como é frequentemente citada na literatura que investiga o ensino de genética neste nível de escolaridade. A seguir uma explicação para o nascimento de crianças deficientes, dada por um estudante em entrevista, que relaciona herança ao sangue e deficiência da prole à incompatibilidade sanguínea entre os progenitores, a partir de uma confusão com o sistema ABO de tipos sanguíneos:

Estudante - *... acho que também a doença talvez, a doença pode vir do sangue, mas eu conheço pessoas que tem o sangue igual e o filho nasceu normalmente e eu acho que também não é castigo de Deus. Eu acho que pode ser hereditário, de família.*

Pesquisadora - *Quando você fala sangue igual, o que seria sangue igual?*

Estudante - *Sangue O mais outro de sangue O.*

Pesquisadora - *O mesmo tipo sanguíneo?*

Estudante - *O mesmo tipo sanguíneo.*

Pesquisadora - *Quanto ao fator ABO?*

Estudante - *É*

Pesquisadora - *E você acha que crianças nascem deficientes por quê?*

Estudante - *Eu acho que é por coisa hereditária mesmo, que vem de família*

Pesquisadora - *Como assim de família?*

Estudante - *Talvez a síndrome de Down possa vir de família, mas também possa vir de sangue também* (Excerto de entrevista com alunos do Ensino Médio)

Ao ser solicitado a dar explicações sobre crenças, muito presentes na nossa cultura, a partir da sua concordância ou discordância, para a expressão “as características estão no sangue”, esse aluno explica:

Estudante- *Eu concordo que estão no sangue porque é como eu disse, porque tipo, eu sou do sangue A, minha mãe também é do sangue A e meu pai é do sangue B. Então, claro que eu vou herdar a característica dela e também posso herdar dele, porque tem o sangue AB, de minha mãe eu herdo A e de meu pai o B, então eu posso ficar com as características dos dois.*

Pesquisadora - *No caso, você relaciona as características ao tipo de sangue, é isso?*

Estudante – *Sim. É como eu disse. É o tipo sanguíneo que vai determinar a característica de cada um. (Excerto de entrevistas com alunos do Ensino Médio)*

Esse trecho evidencia a forte ideia e o compromisso do sangue como fluido mediador da herança e faz uma associação da determinação das características ao tipo sanguíneo.

Sobre o tema “contribuição parental para a herança”, esta zona se caracteriza pelo pressuposto de uma contribuição diferencial, ou seja, um dos genitores contribui mais ou é mais importante no processo hereditário. Em resposta a um questionamento sobre concordar ou discordar da expressão “O pai é mais importante que a mãe na determinação das características”, em entrevista, um estudante concorda:

Estudante. *O pai é mais importante que a mãe para a determinação das características porque o pai tem cromossomos diferentes. (Excerto de entrevistas com alunos do Ensino Médio)*

A forma de pensar herança como fatalismo pode estar associada à herança suave (*soft inheritance*), mesmo que inicialmente essa combinação pareça contraditória, já que a natureza desta herança tem como princípio a ideia de que o material hereditário não é constante ao longo de gerações, uma vez que as características originadas de condições durante a vida dos progenitores podem ser transmitidas para a prole. Esta forma de pensamento pode estar associada ao compromisso axiológico impressão materna. A ideia então é que um indivíduo pode passar por uma mudança de causa ambiental na herança e fatalmente a progênie pode herdar essa mudança. Assim, a ideia fatalista continua independente do mecanismo ou fator causal. Em termos axiológicos, é importante destacar que, neste caso, os atos dos progenitores podem importar, podem estar focados no comportamento e ainda apresentar questões ligadas à religiosidade. Os trechos abaixo retirados de interações discursivas no momento em que os alunos são solicitados a expressar sua

opinião a respeito da expressão “Desejos e sentimentos da mãe, assim como certas práticas podem acarretar marcas na prole”, ilustram este pensamento:

Professora - Olha aqui. Eu sei que isso chove. Eu sei que a maioria tá tímida aí, mas olha. A mãe estava grávida, caiu um botão aqui no decote, junto ao seio, e a criança nasceu com uma manchinha. Você (referindo-se à estudante que falou do exemplo do botão) do botão, o que você acha disso?

Estudante 1 - Eu acredito, porque parece mesmo um botão. É um negócio meio deformado e tem quatro furinhos, tipo da costura (faz gestos como se estivesse costurando)...

Estudante 2 - ... é que eu conheço uma menina deficiente e ela me falou que foi porque a mãe ficava dando cabriola quando estava grávida (risos)...

Estudante 3 - É que quando a mulher tava grávida, eu conheço a mulher, ela só vivia com o macaquinho no pé do pescoço, aí quando o filho nasceu ele nasceu com uma bolinhas assim, como no rabo de macaco (apontando para o pescoço). Eu acho que isso é verdade.

Professora - Você se colocou e porque você acha que isso influencia?

Estudante 3 - E acho que não tinha outra explicação para o filho nascer com um rabo do macaco no pescoço (risos)

Professora - Então o contato dela com o animal...

Estudante 3 - Eu acho

(Excertos de interações discursivas em aula no Ensino Médio)

Ainda para essa zona foi relacionada a categoria “característica” como unidade de herança. É compartilhada aqui a ideia de que o organismo herda um traço em si, uma característica, que pode ser também um conjunto de características em miniatura. Abaixo um trecho de interação discursiva quando a professora apresenta a imagem abaixo e o cenário mostrando o homúnculo (ver cenário no apêndice F) e questiona:

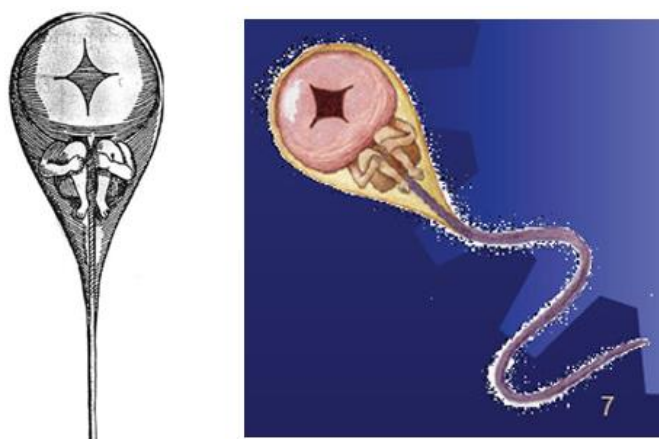


Figura 5 - Ilustração apresentada aos estudantes para análise do fenômeno da pré-formação.

Professora – *Aquele bonequinho que tá ali dentro? Existe isso? Dentro do espermatozoide? E do óvulo? Você acha que ali dentro tem um serzinho?*

Estudante 1 – *Eu acho que sim.*

Professora – *Por que você acha que sim?*

Estudante 1 – *Porque depois ele vai desenvolver, quando ele chega no óvulo...*

Estudante 2 – *Essa teoria é machista.*

(Excertos de interações discursivas em aula no Ensino Médio)

Em outro trecho de interação discursiva com outra professora:

Professora – *Qual a sua opinião sobre essa explicação? De que nos espermatozoides tem um homúnculo e de que no ventre da mulher existia condições para que ele se desenvolva. O que vocês acham sobre isso? Verdade? Porque?*

Estudante 1 – *Se a gente precisa do espermatozoide, o nosso útero tá pronto pra receber a criança.*

Estudante 2 – *mas precisa do óvulo também.*

Estudante 1. *Então, o óvulo é a casinha.*

(Excertos de interações discursivas em aula no Ensino Médio)

No trecho acima, além da evidência do compromisso ligado à categoria “característica” para o tema unidade de herança, é possível também destacarmos o tema contribuição parental para a herança, com a categoria “contribuição exclusiva”, afirmando a necessidade do espermatozoide e evidenciando que o útero está pronto para o receber.

6.3. Preformacionismo genético

Esta zona compartilha com a zona anterior o compromisso com uma visão determinística de herança. No entanto, enquanto na zona anterior se atribuía poder causal ao desígnio e ao sangue como veículo de transmissão, neste caso, o determinismo é de natureza particular e é atribuída importância causal maior às partículas, que carregam o potencial para desenvolvimento de traços fenotípicos, que aos demais fatores envolvidos na herança. Essa atribuição está comprometida, em termos do mecanismo causal de herança, com o pressuposto de que a mesma é mediada e/ou controlada por partículas, que são transmitidas para a prole do mesmo modo como foram herdados da geração anterior. Sob esse enfoque, os mecanismos de herança permaneceriam restritos às explicações sobre mudanças nos padrões de expressão gênica que se estabeleceriam ao longo de gerações apenas em decorrência de mutações eventualmente fixadas na população por seleção natural. Assim, nessa perspectiva, a herança genética tem um papel único no desenvolvimento e a alegação de que os genes desempenham um papel

informativo, não compartilhado por outros recursos de desenvolvimento hereditário. Abaixo os temas, categorias e compromissos combinados e que estabilizam esta zona:

Quadro 5 . Temas, categorias e compromissos que caracterizam a Zona 3 - Preformacionismo genético.

TEMA SEMÂNTICO	CATEGORIA	COMPROMISSO
Ontologia	Processo	A herança é concebida como a transmissão das características de uma geração a outra
Axiologia	Conformismo	É atribuída aos pais a atitude de se conformar, de acatar o que é herdado.
Contribuição parental para a herança	Contribuição equivalente	Atribui desenvolvimento de traços fenotípicos à contribuição de ambos os genitores
Fator causal	Determinismo por partícula	Atribuição de importância causal maior às partículas que carregam o potencial para desenvolvimento de traços fenotípicos que aos demais fatores envolvidos na herança.
Unidade de herança	Partículas hereditárias	A herança é atribuída a partículas auto-reprodutoras que transmitem toda a informação necessária para especificar as características de um organismo.
Mediador de transmissão da herança	Células reprodutivas	Os atributos dos indivíduos estão presentes nas células reprodutivas, nos gametas, que mediam sua transmissão através das gerações
Natureza da herança	Herança dura (<i>hard inheritance</i>)	O material hereditário é constante de geração a geração. Ele somente muda mediante alteração súbita e radical, denominada “mutação”
Mecanismo de herança	Herança particulada	Explica-se a herança pela mediação e/ou controle de partículas, que são transmitidas para a prole do mesmo modo como foram herdados da geração anterior.

Considerando o fator causal e a categoria determinismo por partícula, se essas partículas são genes, o determinismo genético é a ideia que estrutura este modo de pensar, partindo do princípio de que uma série de características, mesmo bastante complexas, como vários traços comportamentais ou a inteligência, são determinados apenas por genes. É fácil reconhecer que, hoje,

ideias sobre genes estão fortemente disseminadas entre a população, e não somente no contexto escolar, frequentemente envolvendo visões deterministas.

Os debates entre duas teorias sobre o desenvolvimento – preformacionismo e epigênese – foi um dos desenvolvimentos mais importantes da biologia do século XVIII. Segundo a visão preformacionista, o organismo adulto estava contido no gameta e o desenvolvimento consistia somente em seu crescimento e consolidação. A epigênese, por sua vez, era a ideia de que o organismo não estava formado nos gametas, sendo sua formação decorrente de profundas modificações durante a embriogênese (LEWONTIN, 2002). Costuma-se afirmar que a epigênese derrotou de maneira decisiva a visão preformacionista. No entanto, como argumenta Lewontin (2002), ao nos depararmos com a ideia determinista genética de que o projeto completo do organismo e toda a informação necessária para especificá-lo já está contida em seu genoma, podemos concluir que na verdade, o preformacionismo – enquanto compromisso epistemológico de que a forma do organismo adulto já está pré-determinada nas células reprodutivas – foi que triunfou.

Para entender o argumento de Lewontin é importante entender a distinção entre o preformismo do século XVIII e o preformismo do século XX. A respeito deste último, Botelho (2007) propõe que o conceito de preformação chega ao século XX associado ao conceito de unidades hereditárias determinantes do desenvolvimento e está historicamente associado à tradição de pesquisa genética. Para este autor:

O preformacionismo moderno da genética pode ser identificado em quatro princípios: (i) a hereditariedade é causada pela transmissão genética; (ii) a forma é determinada pela ação interna dos genes; (iii) o processo de herança é restrito à transmissão dos genes; e (iv) o desenvolvimento é um processo programado (BOTELHO, 2007, p. 15).

Estes mesmos compromissos envolvidos na sociogênese dessa forma de pensar herança também têm sido identificados na literatura em concepções alternativas, e emergiram nos dados empíricos coletados para essa pesquisa em entrevistas e interações discursivas em sala de aula, presentes, portanto na ontogênese e microgênese do conceito. A seguir transcrevemos a fala de um aluno do Ensino Médio que ilustra o compromisso com o determinismo genético, quando é solicitado a relacionar doenças à herança:

Estudante- *vai ser a carga genética do pai ou da mãe que vai... tipo alguma deficiência dessa carga que vai dizer se o filho vai ter ou não*
(Excerto de interação discursiva em sala de aula do Ensino Médio).

Outro exemplo é encontrado na seguinte fala de uma estudante do Ensino Médio, que relaciona o desenvolvimento de traços fenotípicos apenas aos genes:

Estudante- *o que determina as características são os genes*
(Excerto de entrevista com aluno do Ensino Médio)

Segundo El-Hani (2016), o determinismo genético é, assim, mais do que uma compreensão equivocada ou uma simplificação da ciência, ancorando-se em crenças profundas, enraizando-se em visões culturais comprometidas com ideias de predestinação e fatalismo. Neste trecho abaixo, retirado de interação discursiva em uma aula de genética, o aluno nega a relação de alguma deficiência a castigo divino, ao mesmo tempo em que relaciona o fatalismo por genes, quando solicitado a opinar sobre a expressão “meu filho tem deficiência, e é castigo de Deus”:

Estudante. *Não. É isso que eu tô falando, não é isso, não é um castigo, eu acho que é dos genes, e não um castigo no caso. Tipo também, meu professor de biologia, ele... a família dele, é muita gente que tem câncer de pele, e ele também fez uma filha com uma mulher que tinha esse gene de câncer de pele e aí a filha dele nasceu com câncer de pele.* (Excerto de interação discursiva em sala de aula do Ensino Médio) .

A genética do comportamento é uma das áreas em que as abordagens de determinismo genético estão mais ativas atualmente, propondo que muitos dos males da sociedade, como violência e crime, podem estar relacionados a genes defeituosos, descartando-se fatores sociais, econômicos e políticos (ALPER, 2002).

Explicações deterministas para comportamento emergiram em interações discursivas em aulas de genética que investigamos. Após a professora apresentar um cenário em que uma criança das Ilhas Fiji é adotada por um casal de australianos aos seis meses de idade, é questionado aos estudantes se a criança terá preferência por comida fijiana ou australiana. Uma estudante responde informando que por ela ter genes da família Fiji, ela pode gostar da comida fijiana. Esta afirmação traz a ideia de que até mesmo preferências por comida são determinadas pelos genes.

Estudante - *Ela pode também gostar das duas, primeiro porque a comida que ela foi criada, a australiana e por ter os genes da outra família vai experimentar a comida fijji e pode gostar.*

Professora - *Ela pode gostar porque tem o gene Fiji*
(Excerto de interação discursiva em sala de aula do Ensino Médio)

Nesta zona prevalece a ideia de contribuição equivalente, para o tema “contribuição parental para herança”, atribuindo a ambos os genitores a responsabilidade no desenvolvimento de traços fenotípicos, diferindo da zona anterior que atribui contribuição diferencial, com predomínio do sexo masculino na determinação dos traços. O trecho abaixo retrata este compromisso:

Estudante - *Ai no caso eu acho que tanto o pai quanto a mãe, eles mandam a mesma quantidade de característica. Ai quando elas se encontram vão gerar a característica do filho, mas tipo, um não é mais importante, um manda mais característica que o outro não. Mandam a mesma quantidade e ai quando se juntam formam a característica do filho.*

(Excerto de interação discursiva em sala de aula do Ensino Médio).

Em outro contexto de interação discursiva, quando a professora questiona sobre a cor dos pelos de uma ninhada de cães, também é possível perceber o compromisso com a ideia de contribuição parental equivalente:

Professora - *Por que vocês acham que os filhotes da cadela Dora não são todos de cor chocolate?*

Estudante 1 - *Exatamente por isso.*

Professora - *Exatamente por isso o quê?*

Estudante1 - *Porque não depende só do gene dela.*

Professora - *porque não depende só do gene dela.*

Estudante 2 - *depende também dos genes do macho, ninguém sabe quem é.*

(Excerto de interação discursiva em sala de aula do Ensino Médio)

Em entrevista uma aluna também atribui contribuição equivalente de ambos os genitores na explicação para o fenômeno da herança:

Estudante - *é uma coisa que a gente herda do nosso pai e da nossa mãe, porque a gente não herda só da nossa mãe e não só do nosso pai. É 50% do nosso pai e 50% da nossa mãe.* (Excerto de entrevista com aluno do Ensino Médio).

Destaco que os compromissos desta zona são não só frequentes entre os alunos, como demonstrado nos dados empíricos e na literatura, mas em grande medida continua dominante na própria linguagem da ciência escolar, e essa perspectiva é posta em cheque pelos avanços da própria genética, pela filosofia da biologia e por educadores.

Sobre a visão determinística genética, que caracteriza esta zona, El-Hani (2017) destaca que:

Uma visão determinista da relação gene-fenótipo não é compatível com a interpretação do desenvolvimento que se tornou dominante

desde o século XIX, a epigênese. Os séculos XVIII e XIX foram marcados pela discussão entre esta interpretação e o preformacionismo. Para uma visão preformacionista, o organismo está formado desde sua origem, como uma espécie de miniatura da forma adulta, e o desenvolvimento é somente o crescimento, desdobramento e solidificação desta miniatura. Por sua vez, na epigênese, considera-se que o organismo adulto se origina gradualmente, mudando de forma ao longo do desenvolvimento.

Ainda de acordo com El-Hani, a ideia predominante de que genes determinam características, se entendida de forma realista, tem conotações preformacionistas que não são compatíveis com a visão do desenvolvimento como epigênese, como as que caracterizam a zona 4 no perfil aqui proposto e que é nomeada assim. Ressalta que a interpretação molecular do gene levou, assim, a uma tensão entre genética e biologia molecular, de um lado, e biologia do desenvolvimento, de outro, que teve grande importância nas últimas décadas do século XX (El-Hani, 2017).

6.4. Epigênese

Esta zona é constituída por interpretações de que a herança biológica não é restrita a uma abordagem exclusivamente genética, sedimentada na ocorrência de mutações. Pressupõe que padrões de herança e, eventualmente, os mecanismos de herança, vão além da herança genética. Aqui está o argumento de paridade causal, o qual rejeita a visão de que o DNA é exclusivamente informacional enquanto outros recursos herdados apenas fornecem suporte material para leitura ou interpretação de DNA. Opõe-se aos pressupostos de que a constância genealógica dos seres vivos é devida a uma essência genética interna, que a mudança ontogenética é causada por um plano interno e a mudança filogenética pela ação externa selecionadora. Abaixo, no quadro 6, estão os compromissos que foram relacionados e que estabilizam modos de pensar o conceito de herança.

Quadro 6 . Temas, categorias e compromissos que caracterizam a Zona 4 , Epigênese

TEMA SEMÂNTICO	CATEGORIA	COMPROMISSO
Ontologia	Processo	A herança é concebida como a transmissão das características de uma geração a outra
Contribuição parental para a herança	b. contribuição diferencial	Atribui o desenvolvimento de traços fenotípicos à contribuição diferente de ambos os genitores
Fator causal	c. Paridade Causal	Atribuição de importância causal a diferentes fatores genéticos, ambientais e epigenéticos envolvidos na herança e no desenvolvimento de traços fenotípicos.
Unidade de herança	b. Potencial para a característica	O que é herdado é o potencial para uma característica, a qual surge por meio do desenvolvimento do organismo.
Mediador de transmissão	C. sistema desenvolvimental	Os atributos dos indivíduos estão presentes nas células reprodutivas, nos gametas, que mediam sua transmissão através das gerações
Natureza da herança	a. Herança tênue (<i>soft inheritance</i>)	O material hereditário não é constante de geração a geração, porque características oriundas de condições às quais os parentais estão expostos durante a vida podem ser transmitidas às gerações seguintes. Admite-se plasticidade do material genético decorrente da incorporação de tais características, ou de seus potenciais, ou de seus determinantes.
Mecanismos	c. Sistema de herança	Herança que atribui diferentes mecanismos, processos e fatores, pelos quais diferentes tipos de informações hereditárias são armazenados e transmitidos entre gerações.

Esta zona compartilha alguns compromissos com a zona anterior, entre eles a ideia de que a herança é mediada e/ou controlada por partículas que são transmitidas à prole, mas assume-se aqui o princípio da paridade causal (GRIFFITHS; KNIGHT, 1998), segundo o qual genes, fatores ambientais e, mais recentemente, fatores epigenéticos são igualmente importantes no

desenvolvimento de um traço. Isso implica importante diferença em relação ao determinismo do modo de pensar representado na zona anterior.

Como já mencionado anteriormente, a partir dos nossos dados empíricos coletados, não foi possível trazer trechos que expressem formas de falar presentes nos contextos investigados para essa zona. Um pequeno trecho retirado do questionário (ver apêndice D) com alunos do Ensino superior propõe explicações para um cenário que trata das causas de diferenças entre irmãos, que se aproximam desse modo de pensar, ao fazer referência à natureza multifatorial da herança. Entretanto, a resposta não apresenta argumentos que a sustentem e se distancia assim do que propõe esta zona:

Estudante - *As características hereditárias se manifestam submetidas a diversos fatores que o “manipulam”.*

(Excertos de questionário de aluno ensino superior)

Os compromissos que individualizam esta zona são principalmente aqueles relacionados aos temas unidade de herança e fator causal. São eles, em especial, que nos permitem identificar a mudança mais fundamental no processo de significação do conceito de herança em relação à zona anterior, que é assumir o princípio da paridade causal.

Nesta zona, a contribuição parental para herança é diferencial, atribuindo o desenvolvimento de traços fenotípicos à contribuição diferente de ambos os genitores. Este compromisso é compartilhado com a segunda zona, fatalismo pelo sangue, porém o contexto de explicação é diferente. Na zona anterior, a contribuição diferencial refere-se à ideia de que apenas um genitor pode contribuir com a herança, pressuposto que está fortemente alicerçado em um valor sexista que perpassa a história do conceito, referindo-se a estereótipos de papéis na sociedade de acordo com o sexo, e assim, constatamos a dimensão axiológica presente nesse contexto. Na zona “Epigênese”, o caráter diferencial da contribuição parental para a herança está relacionado à herança citoplasmática, extranuclear. Reconhece-se a existência de características que, em geral, são herdadas apenas de nossas mães, ou das mães de todos os organismos sexuais. São características citoplasmáticas, herdadas do citoplasma do óvulo que deu origem ao zigoto, e dentre as organelas citoplasmáticas de eucariotos, as mitocôndrias se destacam por possuir um DNA próprio. Assim, a contribuição diferencial é

materna, pois no processo de fecundação, apenas o núcleo do espermatozoide penetra no óvulo, e com isso, todas as organelas citoplasmáticas, bem como o próprio citoplasma, são herdados da fêmea (YOTOKO, 2008).

A constituição das zonas vai além de um processo de categorização, embora tipicamente envolva este procedimento (MORTIMER, SCOTT; EL-HANI, 2009). A caracterização das zonas propostas foi estruturada a partir da combinação dos compromissos ontológicos, epistemológicos e axiológicos que fundamentam modos de pensar e formas de falar sobre a herança biológica. Sepulveda (2010) indica que os compromissos não são formulados “diretamente por declarações ou proposições escritas ou faladas, mas sim a partir de hipóteses constantemente reformuladas à medida que promovemos um diálogo entre as diferentes fontes de dados” (p. 181).

Embora as zonas apresentadas acima tenham sido individualizadas através de um conjunto determinado de compromissos ontológicos, epistemológicos e axiológicos, no quadro 7, que se segue, é possível notar que há um compartilhamento de compromissos entre as quatro zonas.

A zona “naturalização pelo nascimento” compartilha compromissos axiológicos com a segunda zona, “fatalismo pelo sangue”. A ideia de que o comportamento da mãe pode afetar diretamente o feto, causando danos está presente nas duas zonas, mas na primeira zona com a distinção da ausência de explicação, enquanto que na zona 2, algumas explicações são encontradas e relacionadas a fatores de natureza ambiental para justificar os danos ou alterações aos fetos, sem no entanto prevalecer o argumento de paridade causal, em que o ambiente aparece com o fator causal da herança igualmente importante a fatores genéticos e epigenéticos.

A segunda zona, fatalismo pelo sangue, é a que mais compartilha compromissos com as demais. Além de compartilhar o compromisso axiológico, impressão materna, com a primeira zona, acima mencionada, compartilha outro compromisso axiológico, categoria conformismo, tanto com a primeira, quanto com a terceira zona, “preformacionismo genético”. Enquanto na segunda zona a ideia de conformismo está ligada à ideia de fatalismo, com a causalidade da herança atribuída a um determinismo por desígnio, que interpreta a herança como um acontecimento que se interpõe ao destino dos genitores e antepassados, transmitida pelo sangue, na zona

“preformacionismo” genético, o conformismo é relacionado à ideia de determinismo genético e parte do princípio de que as características são determinadas apenas pelos genes. Assim, ideia de conformismo é justamente sustentada pela ausência de interpretação do fenômeno da herança biológica relacionada ao compromisso de paridade para o fator causal, e também por não interpretar que a unidade de herança é o potencial para a característica, a qual surge por meio do desenvolvimento do organismo.

A segunda zona compartilha com a zona epigênese o compromisso de que ambos os genitores contribuem de maneira diferencial para o desenvolvimento de traços fenotípicos. A distinção entre essas zonas é que no primeiro caso, a categoria contribuição diferencial atribui a um dos genitores, geralmente ao pai, a maior parte dos traços herdados, sendo esta atribuição normalmente caracterizada por uma forte influência de valores, dimensão axiológica, relacionada, por exemplo, por um valor sexista. Já para a zona epigênese, a ideia de contribuição diferencial é a visão aceita cientificamente na atualidade e está relacionada à herança citoplasmática, recebida apenas de nossas mães.

A ideia de que o material hereditário não é constante de geração a geração, a herança tênue é um dos compromissos compartilhados entre as zonas fatalismo pelo sangue e epigênese. Na abordagem fatalista pelo sangue, essa ideia é relacionada à herança de caracteres adquiridos (HCA), a noção de que as modificações no corpo de um indivíduo provocadas por influências externas ao longo da sua vida podem ser herdadas pelos descendentes. Esta ideia tem sido utilizada para explicar a semelhança de descendentes com seus parentais desde a Grécia antiga. Para a zona epigênese, a categoria herança tênue, é relacionada à ideia de que variações epigenéticas podem surgir por estímulo externo, ambiental. A herança epigenética pressupõe a possibilidade de herança transgeracional estável de mudanças provocadas pelo estilo de vida do indivíduo (mesmo que sem alteração da sequência de DNA).

A seguir, um quadro síntese da caracterização das zonas propostas para o perfil de herança biológica.

Quadro 7. Caracterização geral das zonas de um perfil conceitual de herança biológica

ZONAS	CARACTERIZAÇÃO
1. NATURALIZAÇÃO PELO NASCIMENTO	A herança biológica é interpretada como um fenômeno auto evidente. Um compromisso epistemológico que fundamenta esse modo de pensar é a ausência de explicação causal de natureza etiológica. O fenômeno da herança como um problema para o qual deve ser proposta uma solução sequer encontra-se construído. A herança em termos de propriedades corporais semelhantes aos pais biológicos é vista como uma implicação direta do nascimento. A herança é concebida como tudo aquilo que se herda e se transmite da geração parental para a prole.
2. FATALISMO PELO SANGUE	A origem das características de um organismo ao nascer e sua semelhança aos parentes é atribuída ao fatal e inevitável compartilhamento do sangue, veículo pelo qual são transmitidas as características, não só físicas e/ou comportamentais, como sua história de vida, seu destino.
3. PREFORMACIONISMO GENÉTICO	Atribui-se importância causal exclusiva às partículas que carregam o potencial para desenvolvimento de traços fenotípicos que aos demais fatores envolvidos na herança. Se essas partículas são genes, o determinismo genético é a ideia que estrutura este modo de pensar, partindo do princípio de que uma série de características, mesmo bastante complexas, como vários traços comportamentais, é determinada apenas por genes.
4. EPIGÊNESE	Assume-se o princípio da paridade causal para o fenômeno da herança biológica, segundo o qual genes, fatores ambientais e fatores epigenéticos são igualmente importantes no desenvolvimento de um traço. Neste contexto, o que é herdado é uma unidade dotada do potencial para uma característica, a qual surge por meio do desenvolvimento do organismo.

Abaixo quadro que mostra compromissos que são exclusivos e compromissos que são compartilhados pelas zonas propostas.

Quadro 8. Caracterização epistemológica das zonas de um modelo de perfil conceitual de herança biológica: compromissos distintivos e compromissos compartilhados entre as zonas

ZONAS	Compromissos distintivos das zonas	Compromissos compartilhados entre as zonas
Naturalização pelo nascimento	- O fenômeno da herança não é explicado e está relacionado ao nascimento; - Herança como legado parental.	- Comportamento da mãe pode afetar diretamente e causar danos ao feto; - Atitude de se conformar, de acatar o que é herdado
Fatalismo pelo sangue	- Características são herdadas dos antepassados; - Atribuição às deficiências genéticas à transgressão de regras de conduta pelos genitores que resulta em punições relacionadas à crença e à fé; - Atribuição de sentimento de culpa dos genitores ao nascimento de crianças deficientes. - Causalidade da herança é atribuída a um acontecimento que se interpõe ao destino dos genitores ou antepassados; - A característica é a unidade de herança, é o que se herda; - Os fluidos corporais são os mediadores de transmissão da herança; - O mecanismo da herança é explicado pela mistura de materiais hereditários materno e paterno.	- Comportamento da mãe pode afetar diretamente e causar danos ao feto; - Atitude dos pais de se conformar, de se acatar o que é herdado; - Ambos os genitores contribui de maneira diferencial para o desenvolvimento de traços fenotípicos; - O material hereditário não é constante de geração a geração (herança tênue).
Preformacionismo genético	- Contribuição parental equivalente de ambos os genitores ao desenvolvimento dos traços fenotípicos; - Determinismo por partícula é o fator causal; - As partículas auto-reprodutoras transmitem toda a informação necessária para especificar as características de um organismo. - Os gametas transmitem os atributos dos indivíduos através das gerações. - O material hereditário é constante de geração a geração (herança dura); - O mecanismo de herança é explicado pela mediação e/ou controle de partículas.	- Herança como processo de transmissão das características através das gerações - Atitude dos genitores de se conformar, e de acatar o que é herdado.
Epigênese	- Diferentes fatores causais são igualmente importantes na herança. - A unidade de herança é o	- Herança como processo de transmissão das características através das gerações; - Ambos os genitores contribui de maneira diferencial para o

	potencial para a característica; - Uma variedade de recursos passados de uma geração para a outra estão envolvidos como mediadores de transmissão da herança - Diferentes mecanismos, processos e fatores constitui o sistema de herança.	desenvolvimento de traços fenotípicos; - O material hereditário não é constante de geração a geração (herança tênue).
--	---	---

Segundo Sepulveda (2010), o compartilhamento de compromissos entre as zonas é coerente com o caráter dinâmico dos modelos de perfis conceituais, que “além de modelar a heterogeneidade do pensamento verbal, pretende modelar os processos de gêneses destes modos de pensar e falar sobre um conceito em determinados contextos sociais de produção de conhecimento”.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo dessa pesquisa, que culminou numa proposta de perfil conceitual de herança biológica, acreditamos ter delineado um modelo coerente para que seja usado em diferentes demandas do processo de ensino e aprendizagem de genética no Ensino Médio.

Propusemos um perfil conceitual de herança levando em consideração o caráter metodológico usado na construção de perfis, para que as investigações realizadas sejam de fato consideradas parte do programa de pesquisa. No nosso caso, isso se deu a partir do exame dialógico de informações advindas de estudos epistemológicos e históricos, da literatura em concepções alternativas, de dados empíricos obtidos em entrevistas, grupo focal e da análise de alguns episódios de interações discursivas em salas de aula da Educação Básica. Com essa metodologia nos alinhamos aos princípios metodológicos que orientam pesquisas para identificar possíveis zonas na construção de um modelo conceitual de perfil conceitual específico, considerando a proposição de Vygotsky, de que só é possível ter uma visão completa da gênese de um conceito quando esse é estudado nos diferentes domínios genéticos (Wertsch, 1985).

A partir do exame do desenvolvimento do conceito de herança biológica nos três domínios genéticos, sociocultural, ontogenético e microgenético, foi possível constatar o quanto este é um conceito polissêmico. Concluímos que certamente este é um conceito que apresenta variação conceitual não só histórica, mas também nos demais domínios.

Diante de grande polissemia apresentada pelo conceito de herança, ter optado por construir a ferramenta metodológica proposta por Sepulveda (2010; 2013), se constituiu um grande passo na organização dessa polissemia. Considero que a construção da matriz denominada “epistemológica” por Sepulveda e aqui nesta pesquisa, denominada de “semântica”, foi essencial na fase de organização dos dados e consequentemente para constituição de zonas para o modelo de herança.

Na matriz semântica construída, além mapear os temas, categorias e compromissos epistemológicos e ontológicos, baseados na proposta de Sepulveda, foi possível, pela constatação de uma peculiaridade do conceito,

também mapear aspectos axiológicos. Nesse contexto, a axiologia passou a fazer parte da matriz como tema semântico, sendo possível a derivação de compromissos axiológicos. Além disso, é proposto também na construção desse modelo (figura 1), que a axiologia é importante tanto na individualização das zonas, com a presença dos compromissos axiológicos combinados aos compromissos epistemológicos e ontológicos, como na modulação dessas zonas em contextos discursivos específicos.

Consideramos que, com a constatação da dimensão axiológica, presente em todos os dados coletados e analisados para o conceito de herança, nos diferentes domínios e a decisão de incorporá-la na matriz tanto com a derivação de compromissos, quanto na modulação das zonas, um importante passo de contribuição ao programa de pesquisa em perfis conceituais, no que se refere à metodologia de construção dos modelos foi dado. Podemos considerar que a dimensão axiológica, que os valores e crenças presentes na significação do conceito, podem modular o nível de mobilização dos sujeitos na atividade de ensino/aprendizagem, isto é, determinam a motivação dos sujeitos, estabelecendo, assim uma forte influência na sala de aula.

Ainda em termos metodológicos, consideramos que o investimento na diversidade de diferentes instrumentos de coleta de dados para a construção do modelo proposto também se constitui numa contribuição à metodologia de construção de perfis. Foram entrevistas, questionários, filmagens de sala de aula em diferentes escolas, com diferentes professores, que geraram um grande volume de dados, e uma novidade na construção desses modelos, a incorporação do grupo focal.

A decisão de optarmos pelo grupo focal para coletar dados empíricos no Ensino Médio se deu já no final da coleta dos demais dados. Essa decisão também está relacionada à percepção do conceito ter a sua significação fortemente influenciada pela dimensão axiológica, a qual pode ser acessada, em grupos focais, uma vez que, como apontam Ressel e colaboradores (2008), o desenvolvimento dessa estratégia oportuniza a interpretação de crenças, valores, confrontos e pontos de vista. Ao final dessa coleta de dados e no momento da transcrição dos dados do grupo focal, foi possível perceber nas

narrativas dos estudantes que crenças e valores se revelaram facilmente naquele momento.

Em síntese, em termos da metodologia de constituição de zonas de um perfil, essa pesquisa apresenta as seguintes contribuições: (1) a proposição da incorporação da dimensão axiológica na construção do modelo, presente tanto na matriz semântica, tendo a axiologia como tema e derivando compromissos, quanto como proposta na modulação das zonas; (2) ampliação das fontes de dados empíricos coletados no estudo, incorporando a modalidade de grupos focais, com a expectativa de se constituísse uma estratégia importante na significação considerando a dimensão axiológica.

De posse dos oito temas propostos na matriz semântica, foi possível individualizar quatro zonas de um perfil conceitual de herança: (1) naturalização pelo nascimento; (2) fatalismo pelo sangue; (3) preformacionismo genético e (4) epigênese. Este modelo parece adequado para modelar a heterogeneidade de modos de pensar e formas de falar este conceito no contexto da produção de conhecimento biológico no Ensino Médio de genética.

Sobre o meu processo de formação durante o doutoramento e em especial no contato com a teoria dos perfis conceituais, relatarei um fato que considero que foi extremamente importante na minha trajetória profissional de professora da Educação Básica. Ao desenvolver essa pesquisa tive a oportunidade de investigar salas de aula de biologia do Ensino Médio, etapa de ensino na qual leciono há 17 anos. Naquele momento de filmagens de aulas de genética de uma colega, e já inserida nos estudos da teoria de perfil conceitual, iniciei um processo de reflexão sobre a minha prática, sobre as minhas aulas de genética, já ministradas, sobre o conceito de herança presente na minha prática, foi possível perceber que quando identificamos padrões de interação ou certas dinâmicas discursivas numa sala de aula particular, é possível identificar mensagens e contextos que são válidos para outros professores envolvidos, e não apenas para aquele que teve sua aula pesquisada.

Naquele momento, e também durante todo o processo de transcrição e análise dos dados, uma pergunta sempre me perseguia - Como serão as minhas aulas de genética a partir de agora? - Essa pergunta causou inicialmente um desconforto grande em mim, e fez com que eu solicitasse da

coordenação da escola em que trabalho, quando retornei do meu afastamento, outra série para lecionar, que não fosse a terceira série, etapa que é trabalhado o conteúdo de genética. Esta decisão foi inicialmente conflituosa para mim, mas ao mesmo tempo contribuiu para que eu decidisse apenas voltar a lecionar naquela série ao final do processo de doutoramento e ao mesmo tempo encontrasse parceria para fazer um planejamento à luz dessa teoria e tendo como referencial este modelo de perfil aqui proposto.

Com essa decisão, foi feito o convite a alguns profissionais, colegas da educação básica e professores do ensino superior, para planejarmos uma proposta didática de ensino para trabalhar o conteúdo de genética na educação básica, que foi unanimemente aceita. Esta tarefa vai na direção do reconhecimento feito por Sepulveda (2017), de que o programa não tem avançado em seu impacto e contribuição na prática pedagógica de professores da educação básica e tem se construído um consenso de que uma das principais pautas e desafios da agenda de pesquisa atual do programa é a construção de estratégias para que a pesquisa em perfis conceituais chegue à escola. Há um desejo muito grande em mim que de fato essa teoria chegue às nossas salas de aula.

Consideramos que a estruturação dos vários significados atribuídos ao conceito de herança biológica, em termos de modelo de perfil conceitual para o Ensino Médio, pode contribuir para o avanço nos estudos sobre perfis conceituais e sugerimos os seguintes passos para o futuro, nos aos quais estarei envolvida como professora-investigadora: (1) Avaliação do modelo proposto no que diz respeito ao seu potencial heurístico como ferramenta da análise do discurso produzido em sala de aula, e a partir daí aperfeiçoar o modelo, se necessário; (2) o uso deste modelo de perfil para o planejamento de ensino de genética no Ensino Médio.

Para a primeira tarefa proposta acima, de avaliar o modelo, poderá ser empregada a caracterização das zonas do perfil conceitual de herança de modo integrado à estrutura analítica do discurso desenvolvida por Mortimer e Scott (2002, 2003), estrutura já adotada no programa de pesquisa. Pretendemos através dessa tarefa, avaliar em que medida este modelo de perfil pode nos auxiliar na caracterização da interanimação de modos de

pensar e formas de falar sobre a herança biológica em interações discursivas em sala de aula.

Ao desenvolvermos a primeira tarefa, teremos dados de interações discursivas em sala de aula analisados à luz dessa teoria, e estes terão grande importância para o momento de execução da segunda tarefa, o planejamento de proposta didática à luz do modelo proposto. Uma possibilidade é que esses dados sejam sistematizados, por exemplo, por meio da abordagem metodológica de “pesquisa educacional”. Esta proposta também já está planejada para ser desenvolvida por Sepulveda para o perfil de adaptação (ver SEPULVEDA, 2017).

Esta é uma práxis já adotada no nosso grupo colaborativo de pesquisa em ensino de ciências, o GCPEC, anteriormente descrito. O grupo, por sua vez, tem se fundamentado nas orientações teórico-metodológicas propostas nos trabalhos desenvolvidos e/ou organizados por Van den Akker (1999), Van den Akker e colaboradores (2006) e Plomp e Nieveen (2009).

Estas pesquisas de desenvolvimento são descritas por Plomp (2009) como estudos sistemáticos de delineamento e desenvolvimento de intervenções educacionais com o objetivo de solucionar problemas complexos da prática educacional para os quais ainda não há soluções disponíveis, ao tempo em que buscam avançar o conhecimento sobre as características dessas intervenções educacionais e os processos para desenhá-las e desenvolvê-las (PLOMP, 2009).

Uma das etapas ao longo do desenvolvimento de pesquisas com base no que está descrito acima, são reflexões e documentação sistemática, com o objetivo de produzir e validar princípios de planejamento e construtos teóricos relativos à área do estudo. Estes princípios de planejamento são enunciados heurísticos construídos com a intenção de orientar o planejamento de intervenções educacionais no que diz respeito à seleção e aplicação do conhecimento mais apropriado para tarefas específicas de planejamento e desenvolvimento das mesmas (SEPULVEDA, 2017).

Os estudos baseados na pesquisa de desenvolvimento se iniciam a partir da proposição de princípios de planejamento que orientem a construção do primeiro protótipo de uma intervenção capaz de alcançar os objetivos educacionais desejados.

Sepulveda (2017), na sua proposta de aproximação da pesquisa em perfis conceituais da sala de aula por meio da abordagem da pesquisa de desenvolvimento propõe que a teoria em perfis conceituais pode orientar teoricamente o desenvolvimento de propostas de ensino que visam promover aprendizagem conceitual. Afirma que as informações sobre a heterogeneidade de formas de pensar um conceito, os compromissos que as sustentam, e os possíveis caminhos de gênese de cada uma delas, que são informações sistematizadas na caracterização epistemológica das zonas de perfis, podem servir de base teórica para a definição de propósitos e conteúdos de ensino. Os dados sobre as características de contextos sociais, discursivos e pedagógicos em que cada uma dessas formas de pensar são acessadas, emergem e/ou são negociadas podem gerar as características substantivas e procedimentais a serem providas aos primeiros protótipos das intervenções. Dessa forma, os dados das pesquisas em perfis podem ser incorporados na formulação de princípios de planejamento que orientarão a elaboração de intervenções educacionais, guiando, portanto, o planejamento de práticas de ensino.

Um outro aspecto, considerado por Sepulveda (2017), importante no processo de planejamento é a criação de rotas de aprendizagem para o conceito. Estas podem ser previstas por meio da caracterização das zonas do perfil conceitual em termos de compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos, que sustentam modos de pensar, e os dados de análise de interações discursivas em sala de aula.

Assim, tendo como parâmetros alguns caminhos apontados por Sepulveda, acima descritos, poderemos delinear a segunda tarefa proposta a partir da construção do perfil conceitual de herança, o planejamento de proposta de ensino considerando: a) sistematização dos dados, por meio da abordagem metodológica de “pesquisa educacional”; b) elaboração e validação princípios de planejamento; c) criação de rotas de aprendizagem.

Olhando para a caracterização das zonas propostas para o perfil conceitual de herança é possível perceber que há um predomínio de formas de falar mobilizando compromissos que estão na estabilização de duas primeiras zonas: “naturalização pelo nascimento” e fatalismo pelo sangue”, constatado principalmente a partir dos dados empíricos coletados, no contexto do Ensino Médio (entrevistas, grupo focal, análise de dados de sala de aula). Para muitos

alunos, isso ficou claro no momento das entrevistas, a herança biológica é interpretada como um fenômeno auto evidente, com a fundamentação no compromisso epistemológico que é a ausência de explicação causal de natureza etiológica. O predomínio de formas de falar na zona “fatalismo pelo sangue”, muito fortemente encontrada na literatura de concepções alternativas e nos nossos dados empíricos já caminha no sentido de entender a herança como fenômeno a ser explicado, porém tendo como compromissos que marcadamente estabilizam essa zona o compartilhamento do sangue, veículo pelo qual são transmitidas as características, não só físicas e/ou comportamentais, como sua história de vida, seu destino.

Consideramos que temos descritas duas zonas científicas para o perfil de herança: preformacionismo genético e epigênese, tendo como principal distinção entre elas o princípio da paridade causal, segundo o qual genes, fatores ambientais e fatores epigenéticos são igualmente importantes no desenvolvimento de um traço, que marcadamente estabiliza a zona epigênese.

É desejável que tenhamos como objetivo de ensino de genética que os alunos consigam atingir a zona epigênese, porém temos que levar em conta que para que esse objetivo seja alcançado, deve haver a negociação de compromissos presentes nas zonas anteriores.

A partir do que foi exposto brevemente acima, é necessário pensarmos em objetivos de ensino, princípios de planejamento e rotas de aprendizagem levando em consideração a matriz semântica, em destaque olhar para os compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos que devem ser negociados para que o objetivo de ensino planejado seja alcançado.

A partir da construção deste modelo foi possível perceber não haver regra única para o ensino e aprendizagem de uma área de conhecimento, dado que, uma vez identificados os perfis, o modelo pode permitir uma variedade de estratégias, que se mostram apropriadas para introduzir ou discutir cada zona do perfil.

REFERÊNCIAS

AIVELO, T.; UITTO, A. Genetic determinism in the Finnish upper secondary school biology textbooks. **NorDiNa**, v. 11, n. 2, p. 139 -152, 2015.

AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. **Biologia: Biologia das populações**. São Paulo: Ed. Moderna, 2009. 496 p. v. 3.

AMARAL, E.M. do; MORTIMER, E.F. Uma proposta de perfil conceitual para o conceito de calor. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 1, n. 3, p. 1-16, 2001.

_____. Un perfil conceptual para entropia y espontaneidad: una caracterización de las formas de pensar y hablar en el aula de química. **Educación química**, n. 3, p.60-75, 2004.

AMARAL, E.; MORTIMER, E. F. Uma metodologia para estudar a dinâmica entre as zonas de um perfil conceitual no discurso da sala de aula. In: SANTOS, F. M. T.; GRECA, I. M. R. (Org.). **A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias**. Ijuí: Editora UNIJUÍ, 2006.

ANDRADE, L. A. B.; SILVA, E. P. da. Mendel e seus abismos. **Genética na Escola**, v. 11, n. 2, p. 234-243, 2016.

ARAÚJO, A. O. **O perfil conceitual de calor e sua utilização por comunidades situadas**. 2014. 223 f. Tese (Doutorado em Educação: Conhecimento e Inclusão Social) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

AYUSO, E.; BANET, E. Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 20, n. 1, p. 133-157, 2002.

_____. Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y bachillerato: I. Contenidos de enseñanza y conocimientos de los alumnos. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 13, n. 2, p. 137-153, 1995.

_____. La herencia biológica en la educación secundaria: reflexiones sobre los programas y las estrategias de enseñanza. **Didáctica de las Ciencias Experimentales**, v. 16, p. 21-31, 1998.

_____. Teaching of Biological Inheritance and Evolution of Living Beings in Secondary School. **International Journal of Science Education**, v. 25, p. 373-407, 2003.

AYUSO, G. E.; BANET, E.; ABELLAN, M.T. Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y bachillerato: II – Resolución de problemas o realización de ejercicios? **Enseñanza de las Ciencias**, v. 14, n. 2, p. 127-142, 1996.

BACHELARD, G. **A filosofia do não. São Paulo**: Abril Cultural, 1984. p. 1-87. (Coleção Os Pensadores).

BAHAR, M.; JOHNSTONE, A. H.; HANSELL, M. H. Revisiting learning difficulties in biology. **Journal of Biological Education**, v. 33, n. 2, p. 84-86, 1999.

BAKHTIN, M.M. Discourse in the novel. In: M. HOLQUIST (ed.). **Dialogical Imagination**. Austin: University of Texas Press. [1934].1981.

BAKHTIN, M. M. **Speech genres and other late essays**. Austin, TX: University of Texas Press. 1986.

BITTENCOURT, F. B.; PRESTES, M. E. B. Análise do tratamento dado à História da Genética pelos autores brasileiros dos livros didáticos indicados à avaliação do PNLEM-2007. In: VIII ENPEC ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA, 2011. **Atas...** Campinas, SP: ABRAPEC, 2011.

BITTLES, A. H. et al. Reproductive behavior and health consanguíneos marriage. **Science**, v. 252, n. 5007, p. 789-794, 1991.

BIZZO, N.; EL-HANI, C. N. O arranjo curricular do ensino de evolução e as relações entre os trabalhos de Charles Darwin e Gregor Mendel. In: MARTINS, L. A. P.; PRESTES, M. E. B. (Ed.). **Filosofia e História da Biologia**. Campinas: ABFHiB; São Paulo: FAPESP; Rio de Janeiro: Booklink. 2009. p. 235-257. v. 4

BOTELHO, F. J. **Epigênese radical: a perspectiva dos sistemas desenvolvimentais**. 2007. Dissertação (Mestrado em Filosofia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

CABALLER, M. J.; GIMÉNEZ, I. Las ideas del alumnado sobre el concepto de célula al finalizar la educación general básica. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, n. 1, p. 63-68, 1993.

CALAZANS, A, L. C; CRUZ, M. A. O. M. da; TEIXEIRA, F. M. Paralelo entre conceitos alternativos e a construção do conceito de hereditariedade. In: IV ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2003. **Atas...** Bauru, SP: ABRAPEC, 2003.

CASTAÑEDA, L. A. **As ideias Pré-mendelianas de herança e sua influência na teoria da evolução de Darwin**. 1992. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de Campinas, Campinas, São Paulo, 1992.

_____. **Caracteres Adquiridos**: a história de uma idéia. São Paulo: Scipione, 1997.

CASTÉRA J.; CLÉMENT, P. Teachers' Conceptions About the Genetic Determinism of Human Behaviour: A Survey in 23 Countries. **Science Education**, v. 23, n. 2, p. 417-43, 2014.

CHO, H. M.; KAHLE, J. B.; NORDLAND, F. H. An investigation of high school biology textbooks as sources of misconceptions and difficulties in genetics and some suggestions for teaching genetics. **Science Education**, v. 69, n. 5, p. 707-719, 1985.

CID, M.; NETO, A. J. Dificuldades de aprendizagem e conhecimento pedagógico do conteúdo: o caso da genética. **Enseñanza de las ciencias**, número extra. VII Congreso, p. 1-5, 2005.

COBB, M. Heredity before genetics: a history. **Nature reviews genetics**, v. 7, p. 953-958, 2006.

COBERN, W. W. **Everyday thoughts about nature**. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2000. 165 p.

_____. **World view theory and Science education research**. Manhattan-Kansas: Narst, 1991.

_____. World view, culture, and Science education. **Science Education International**, v. 5, n. 4, p. 5-8, 1994.

_____. World view theory and conceptual change in science education. **Science Education International**, v. 80, n. 5, p. 579-610, 1996.

COLEMAN, P. C. Case studies as teaching tools in human genetics. **The American Biology teacher**, v. 5, n. 7, p. 418-420, 1989.

COUTINHO, F. **Construção de um perfil conceitual de vida**. 2005. 209 f. Tese (Doutorado Educação) – Faculdade Educação da UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

COUTINHO, F. A.; MORTIMER, E. F.; EL-HANI, C. N. Construção de um perfil conceitual para o conceito biológico de vida. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 115-137, 2007.

DALRI, J. **A dimensão axiológica do perfil conceitual**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

DALRI, J.; MATTOS, C. R. Relações entre motivação, valor e perfil conceitual: um exemplo. In: VI ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2003. **Atas...** Bauru, SP: ABRAPEC, 2003,

DAR-NIMROD I.; HEINE, S. J. Genetic Essentialism: On the Deceptive Determinism of DNA. **Psychological Bulletin**, v. 137, n. 5, p. 800-818, 2011. Disponível em: < <http://psycnet.apa.org/record/2010-25598-001>>. Acesso em: 11 dez. 2017.

DAVISON, C.; FRANKEL, S.; SMITHY, G. D. Inheriting heart trouble: the relevance of common-sense ideas to preventive measures. **Health education research**, v. 4, n. 3, p. 329-340, 1989.

_____. The limits of lifestyle: re-assessing "fatalism in the popular culture of illness prevention". **Soc. Sci. Med**, v. 34, n. 6, p. 675-685, 1992.

DINIZ JÚNIOR, A. I.; SILVA, J. R. R T. da; AMARAL, E. M. R. do .Zonas do Perfil Conceitual de Calor que Emergem na Fala de Professores de Química. **Quím. nova esc.** v. 37, n. Especial 1, p. 55-67, 2015.

DOUGHERTY, M. J. Closing the Gap: Inverting the Genetics Curriculum to Ensure an Informed Public. **The American Journal of Human Genetics**, v. 85, n. 1, p. 6-12, 2009.

EL – HANI, C.N. Controvérsias sobre o Conceito de Gene e suas Implicações para o Ensino de Genética. In: V ENCONTRO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2005, Bauru. **Atas...** Bauru, SP: ABRAPEC, 2005.

_____. Between the cross and the sword: the crisis of the gene concept. **Genetics and Molecular Biology**, v. 30, n. 2, p. 297-307, 2007.

_____. Mendel in genetics teaching: some contributions from history of science and articles for teachers. **Science & Education**, v. 24, p. 173-204, 2015.

_____. **As roupas novas dos genes**. Novembro 2016. Disponível em: <<https://darwinianas.com/2016/11/15/as-roupas-novas-do-gene/#more-578>>. Acesso em: 17 jun. 2017. 2016a

_____. O Mendel mítico sob um olhar crítico: o papel de Mendel na história da genética. **Genética na Escola**, v. 11, n. 2, p. 272-285, 2016b.

_____. **Repensando o gene na era pós-genômica**. 2016c. f. Tese (Promoção à Classe E, Professor Titular da Carreira do Magistério Superior) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016b.

_____. **Modelos invisíveis: receita para problemas no ensino de genética**. Setembro 2017. Disponível em: <<https://darwinianas.com/2017/09/05/modelos-invisiveis-receita-para-problemas-no-ensino-de-genetica/#more-1580>>2017. Acesso em: 17 out. 2017. 2017.

_____. Uma ciência da organização viva: organicismo, emergentismo e ensino de biologia. In: SILVA FILHO, W. J. (Ed.). **Epistemologia e ensino de ciências**. São Paulo: DP&A, 2002. p. 199-244.

EL-HANI, C. N.; BIZZO, N. V. Formas de construtivismo: teoria da mudança conceitual e construtivismo contextual. In: II ENPEC - ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 1999, **Atas...** Valinhos, SP: ABRAPEC, 1999.

_____. Formas de construtivismo: mudança conceitual e construtivismo conceitual. **Ensaio**: pesquisa em educação científica, v. 4, n. 1, p. 40-64, 2002.

EL-HANI, C. N.; MORTIMER, E. F. Multicultural education, pragmatism, and the goals of science teaching. **Cultural Studies of Science Education**, v. 2, n. 4, p. 657-702, 2007.

EI-HANI, C. N.; QUEIROZ, J.; EMMECHE, C. **Genes, Information, and Semiosis**. Tartu: Tartu University Press, 2009.

_____. A semiotic analysis of the genetic information system. **Semiotica**, v. 160, p. 1-68, 2006.

EL-HANI, C. N.; SILVA FILHO, W. J.; MORTIMER, E. F. The epistemological grounds of the conceptual profile theory. In: MORTIMER, E. F.; EL-HANI, C. N. (Org.). **Conceptual Profiles: A Theory of Teaching and Learning Scientific Concepts**. Dordrecht: Springer, 2014. p. 35-66.

EL-HANI, C.N. et al. Conceptual profiles: theoretical-methodological grounds and empirical studies. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, 2014.

EMMECHE, C. Autopoietic systems, replicators, and the search for a meaningful biologic definition of life. **Ultimate Reality and Meaning**, v. 20, p. 244-264, 1997.

ENCODE Project Consortium. (2004). The ENCODE (ENCyclopedia Of DNA Elements) Project. *Science* 306: 636-640.

EVANGELISTA, N. A. M. **O Conceito de Gene em Livros Didáticos de Biologia Celular e Molecular do Ensino Superior**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia / Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2016.

FALK, R. The gene – A concept in tension. In: BEURTON P. J.; FALK, R.; RHEINBERGER, H (Ed.). **The Concept of the Gene in Development and Evolution**. Cambridge: Cambridge University Press, 2000. p. 317-348.

_____. What is a gene? **Studies in the History and Philosophy of Science**, v. 17, p. 133-173, 1986.

FAVARETTO, J. A.; MERCADANTE, C. **Biologia**. Volume Único. Editora Moderna, São Paulo, 1999.

FERRARI, N.; SCHEID, N. M. J. Pangênese e teoria cromossômica da herança: a persistência de ideias? **Filosofia e História da Biologia**, v. 3, p. 305-316, 2008.

FINLEY, F. N.; STERWART, J.; YARROCH, W. L. Teachers' perceptions of important and difficult science content. **Science Education**, v. 66, n. 4, p. 531-538, 1982.

FUTUYMA, D. **Biologia Evolutiva**. São Paulo, SP: Ed. SBPC, 1992. 631 p.

GERICKE, N.; WAHLBERG, S. Clusters of concepts in molecular genetics: a study of Swedish upper secondary science students understanding. **Journal of Biological Education**, v. 47, n. 2, p. 73-83, 2013.

GLIBOFF, S. The Mendelian and Non-Mendelian Origins of Genetics. **Filosofia e História da Biologia**, v. 10, n. 1, p. 99-123, 2015.

GOLDBACH, T. **Entre receitas, programas e códigos**: as idéias sobre gene em diferentes contextos. 2006. Tese (Doutorado em Difusão de Ciência e Tecnologia) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

GOLDBACH, T.; EL-HANI, C. N. Entre receitas, programas e códigos: Metáforas e ideias sobre genes na divulgação científica e no contexto escolar. **ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 1, n. 1, p. 153-189, 2008.

GOLDBACH, T.; MACEDO, A. G. Produção científica e saberes escolares na área de Ensino de Genética: olhares e tendências. In: JORNADAS LATINO-AMERICANAS DE ESTUDOS SOCIAIS DAS CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS (ESOCITE), 7., 2008, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ, 2008. p. 1-12. Disponível em: <www.necso.ufrj.br/esocite2008/resumos/36294.htm>. Acesso em: 15 mar 2016.

GRIFFITHS, P. E.; GRAY, R. D. Darwinism and developmental systems. In: S. OYAMA, S.; GRIFFITHS, P. E.; GRAY, R. D. (Ed.). **Cycles of Contingency: Developmental Systems and evolution**. Cambridge, MA: MIT Press, 2001. p. 195-218.

_____. Developmental systems and evolutionary explanation. **The Journal of Philosophy**, v. 91, p. 277-304, 1994.

GRIFFITHS, P. E.; KNIGHT, R. D. What is the developmentalist challenge?. **Philosophy of Science**, v. 65, p. 253-258, 2006.

GRIFFITHS, P. E. Genetic information: A metaphor in search of a theory. **Philosophy of Science**, v. 68, n. 3, p. 394-403, 2001.

JABLONKA, E.; LAMB, M. J. **Evolução em quatro dimensões: DNA, comportamento e história da vida**. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.

_____. The evolution of information in the major transitions. **Journal of Theoretical Biology**, v. 239, p. 236-246, 2006.

JACOB, F. **A lógica da vida: uma história da hereditariedade**. Rio de Janeiro: Edições Grall, 1983. 328 p.

JEGEDE, O. J.; OKEBUKOLA, P. A. The relationship between African traditional cosmology and students' acquisition of science process skill. **International Journal of Science education**, v. 13, p. 37-47, 1991.

JIMÉNEZ, A. M. P. Thinking about theories or thinking with theories? A classroom study with Natural Selection. **International Journal of Science Education**, v. 14, n. 1, p. 51-61, 1992.

JOAQUIM, L. M.; EL-HANI, C. A genética em transformação: crise e revisão do conceito de gene. **Scientiae Studia**, v. 8, n. 1, p. 93-128, 2010.

JOAQUIM, L. M. et al. Concepções de estudantes de graduação de biologia da UFPR E UFBA sobre genes e sua mudança pelo ensino de genética. VI ENPEC, ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2007, Florianópolis. **Atas...** Florianópolis: ABRAPEC, 2007.

JOHNSTONE, A. H.; MAHMOUD, N. A. Isolating topics of high perceived difficulty in school biology. **Journal of Biological Education**, v. 14, n. 2, p. 163-166, 1980.

JONES, S. **Deus, genes e o destino: na massa do sangue**. Portugal: Publicações Europa-América, 1996. 289 p.

JOUANNA, A. O imaginário do sangue e de sua pureza na antiga França. In: COLÓQUIO "La pureté de sang" en Espagne. Du lignage à la "race" a ser publicado na coleção Ibérica, das *Presses Universitaires da Sorbonne.*, 2010, Paris. **Anais...** Paris: Universidade de Paris IV, 2010.

JUSTINA, L. A. D. **Ensino de Genética e história dos conceitos relativos à hereditariedade**. 2001. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

JUSTINA, L. A. D.; FERRARI, N. **A ciência da hereditariedade: enfoque histórico, epistemológico e pedagógico**. Cascavel: Edunioste, 2010.

KAY, L. E. **Who wrote the book of life? A history of the genetic code**. Stanford: Stanford University Press, 2000.

KELLER, E. F. **O século do gene**. Belo Horizonte: Crisálida, 2002.

KIBUKA-SEBITOSI, E. Understanding genetics and inheritance in rural schools. **Journal of Biological Education**, v. 41, n. 2, p. 56-61, 2007.

KNIPPELS, M-C. P. J.; WAARLO, A. J.; BOERSMA, K. T. Design criteria for learning and teaching genetics. **Journal of Biological Education**, v. 39, n. 3, p. 108-112, 2005.

KROMBERG, J.; JENKINS, T. Cultural influences in the perception of genetic disorders in the black of Southern Africa. In: CLARKE, A.; PARSON, E. (Ed.). **Culture, Kinship and genes**. London: Macmillan Press, 1997.

LAMM, E. "Inheritance Systems", **The Stanford Encyclopedia of Philosophy** (Winter 2014 Edition), ZALTA, E. N. (Ed.). Disponível em: <<https://plato.stanford.edu/archives/win2014/entries/inheritance-systems/>>. 2012. Acesso em: 14 mar 2016.

LEWIS, J.; KATTMANN, U. Traits, genes, particles and information: revisiting students understandings of genetics. **International journal of science education**, v. 26, n. 2, p. 195-206, 2006.

LEWIS, J.; LEACH, J.; WOOD-ROBINSON, C. What's a cell? – Young people's understanding of the genetic relationship between cells, within an individual. **Journal of Biological Education**, v. 34, n. 3, p. 129-132, 2000.

_____. All in the genes? – Young people's understanding of the nature of genes. **Journal of Biological Education**, v. 34, p. 74-79, 2000a.

_____. Young people's understanding of the nature of genetic information in the cells of an organism. **Journal of Biological Education**, v. 35, n. 1, p. 29-35, 2000b.

LEWIS, J.; WOOD-ROBINSON, C. Genes, chromosomes, cell division and inheritance students see any relationship? **International Journal of Science Education**, v. 22, n. 2, p. 177-195, 2000.

LEWONTIN, R. C. **A Tripla Hélice: Gene, Organismo e Ambiente**. São Paulo: Companhia das Letras, 2002. 138 p.

LUCAS, L.B.; PASSOS, M.M.; ARRUDA, S de M. Axiologia e o processo de formação inicial de professores de biologia. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.18, n. 3, p. 645-665, 2013.

LUCAS, L. B. **Axiologia relacional pedagógica e a formação inicial de professores de biologia**. 2014. 285 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

LUCAS, L.B.; PASSOS, M.M.; ARRUDA, S de M. A Não Neutralidade axiológica do Processo de Formação Inicial de Professores de Biologia. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, RBPEC v. 16. n. 3, p. 499–520, 2016.

MARTÍNEZ, R.I.P. **Perfil conceitual de calor e conglomerados de relevâncias em comunidades culturalmente diferenciadas**. Tese (Doctorado Interinstitucional em Educación). Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas. Facultad de Ciencias y Educación. 2015. 335p

MARTINS, R. de A. Seria possível uma história da ciência totalmente neutra, sem qualquer aspecto whing? **Boletim de História e Filosofia da Biologia**, v. 4 n. 3, p. 4-7, set. 2010. Disponível em: <<http://www.abfhib.org/Boletim/Boletim-HFB-04-n3-Set-2009.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2017.

MARTINS, R. de A.; ROMANES, G. J. Teoria da seleção fisiológica. **Episteme**, v. 11, n. 24, p. 197-208, 2006.

MATTOS, C. Conceptual Profile as a Model of a Complex World. In: MORTIMER, E. F.; EL-HANI, C. N. **Conceptual Profiles: A Theory of Teaching and Learning Scientific Concepts**. Dordrecht: Springer, 2014. p. 263-292.

MATOS, S. A. et al. Comparação de perfis conceituais de vida entre alunos de escolas evangélicas e não evangélicas do ensino médio. In: VI ENPEC ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS. 2007. Atas. Belo Horizonte, MG: ABRAPEC. 2007.

MAYR, E. **O desenvolvimento do pensamento biológico**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1998.

_____. **Biologia, ciência única**. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.

MEYER L, BOMFIM G, EL-HANI C. How to Understand the Gene in the Twenty-First Century? **Science & Education**, v.22, n. 2, p.345–374, 2013.

MOLSTER C.; CHARLES T.; SAMANEK A.; O'LEARY P.; Australian Study on Public Knowledge of Human Genetics and Health. **Public Health Genomics**. V.12, n. 2, p.84–91, 2009.

MOORE, D. S. Espousing Interactions and Fielding Reactions: Addressing Laypeople's Beliefs About Genetic Determinism. **Philosophical Psychology**, v. 21, n. 3, p. 331-348, 2008.

MOORE, J. A. Science as a Way of Knowing - Genetics. **Amer. Zool.**, v. 26, p. 583-747, 1986.

_____. **Science as a way of knowing: the foundations of modern biology**. London: Harward University Press, 2003.

_____. **Evolução do atomismo em sala de aula:** Mudança de perfis conceituais. 1994. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MORTIMER, E. F. Conceptual change or conceptual profile change? **Science & Education**, v. 4, n. 3, p. 67-285, 1995.

_____. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 1, p. 20-39, 1996.

_____. Para além das fronteiras da química: relações entre filosofia, psicologia e ensino de química. **Química Nova**, v. 20, n. 2, p. 200-207, 1997.

_____. **Linguagem e Formação de Conceitos no Ensino de Ciências**. Belo Horizonte: UFMG, 2000.

_____. Uma agenda para a pesquisa em educação em ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, n. 1, p. 36-59, 2002

MORTIMER, E. F.; EL-HANI, C. N. **Conceptual Profiles: A Theory of Teaching and Learning Scientific Concepts**. Dordrecht: Springer, 2014. 330 p.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. H. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n.3, 2002.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. **Meaning making in secondary science classrooms**. Maidenhead: Open University Press, 2003.

MORTIMER, E. F. et al. Conceptual Profiles: theoretical methodological Bases of a Research Program. In: MORTIMER, E. F.; EL-HANI, C. N. **Conceptual Profiles: A Theory of Teaching and Learning Scientific Concepts**. Dordrecht: Springer, 2014a. p. 3-33.

MORTIMER, E. F. et al. Methodological Grounds of the Conceptual Profile Research Program. In: MORTIMER, E. F.; EL-HANI, C. N. **Conceptual Profiles: A Theory of Teaching and Learning Scientific Concepts**. Dordrecht: Springer, 2014b. p. 67-100.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P.; EL-HANI, C. N. Bases teóricas e epistemológicas da abordagem dos perfis conceituais. In: VII ENPEC ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2009,. **Atas...** Florianópolis, SC: ABRAPEC, 2009.

_____. Bases teóricas e Epistemológicas da abordagem dos perfis conceituais. **Tecné, Episteme y Didaxis**, n. 30, p. 111-125, 2012.

MOSS, L. **What genes can't do**. Cambridge-MA: Ed.MIT Press, 2003.

NELKIN, D.; LINDEE, S. **The DNA mystique: The gene as a cultural icon.** Oxford: Freeman; 2004.

NICOLLI, A. A. **Perfil conceitual de morte e a abordagem pedagógica no ciclo de vida no ensino de ciências.** 2009. 236 f. Tese (Doutorado Educação: Conhecimento e inclusão social) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

NICOLLI, A. A.; MORTIMER, E. F. Construção de um perfil para o conceito de morte. In: VII ENPEC ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2009,. **Atas...** Florianópolis, SC: ABRAPEC, 2009.

OGUNNINYI, M. B. Conceptions of traditional cosmological ideas among literate and non-literate Nigerians. **Journal of Research in Science teaching**, v. 24, p. 107-117, 1987.

OLIVEIRA, T. H. G.; SANTOS, N. F.; BELTRAMINI, L. M. O DNA: Uma sinopse histórica. **Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular.** Disponível em: http://agata.ucq.br/formularios/site_docente/bio/marcio/pdf/01%20-%20O%20DNA%20-%20Uma%20Sinopse%20Hist%C3%B3rica.pdf. Acesso em: 14 jun. 2010.

OLIVEIRA, T. B. de et al. Eco-Evo-Devo: uma (re)leitura sobre o papel do ambiente no contexto das Ciências Biológicas. **Filosofia e História da Biologia**, v. 11, n. 2, p. 323-346, 2016.

OLIVEIRA, T. B. de; CALDEIRA, A. M. de A. A natureza da Biologia e os conceitos biológicos: como exemplificar o caráter sistêmico e integrado dessa ciência? **Filosofia e História da Biologia**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 125-147, 2015.

OYAMA, S. **The Ontogeny of Information: Developmental system and Evolution.** Durham: Duke University Press, 1985.

PARROTT, R. S. K; WEINER J.; CONDIT, C.; HARRIS, T.; BERNHARDT, J. Deriving lay models of uncertainty about genes' role in illness causation to guide Communication about human genetics. **Journal of Communication**, v. 54, n. 1, p. 105–22, 2004.

PEDRANCINI, V. D.; CORAZZA, M. J.; GALUCH, M. T. B. Mediação pedagógica e a formação de conceitos científicos sobre hereditariedade. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 10, n. 1, p. 109-132, 2011.

PIAGET, J. **O desenvolvimento do pensamento.** Equilibração das estruturas cognitivas. Lisboa: Dom Quixote. 1975.

PINHEIRO, M.; Fundamentos de neuropsicologia - o desenvolvimento cerebral da criança. **Vita et Sanitas**, v. 1, n. 01, p. 34-48, 2007.

PITOMBO, M. A., ALMEIDA, A. M. R.; EL-HANI, C. N. Gene concepts in higher education cell and molecular biology textbooks. **Science Education International**, v. 19, 219–234, 2004

PITOMBO, M. A.; ALMEIDA, A. M. R de; EL-HANI, C. N. Conceitos de Gene e Idéias Sobre Função Gênica em Livros Didáticos de Biologia Celular e Molecular do Ensino Superior. **Contexto & educação**, v. 22, n. 77, p. 81-110, 2007.

PLOMP, T. NIEVEEN. N. **An introduction to educational Design Research**. Enschede: SLO-Netherlands Institute for Curriculum Development. pp. 9-35. 2009.

POSNER, G. J. et al. Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. **Science Education**, v. 66, n. 2, p. 211-227, 1982.

POZIELLO, A. Modelos microscópicos de herança no século XIX: a teoria das estirpes de Francis Galton. **Filosofia e História da Biologia**, v. 3, n. 2, p. 41-54, 2008.

POZIELLO, A.; MARTINS, L. A. P. Modelos microscópicos de herança no século XIX. **Filosofia e História da Biologia**, v. 7, n. 2, p. 137-155, 2012.

PRESTES, M. E. de B. Antes de Mendel: Joseph Koelreuter e as pesquisas de hibridização de plantas. **Genética na Escola**, v. 11, n. 2, p. 266-271, 2016.

PSCHISKY, A.; MAESTRELLI, S.R.P.; FERRARI, N. O tema grupos sanguíneos nos livros didáticos de biologia no período de 1960 a 2002. In: IV ENPEC ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2003, **Atas...** Bauru, SP: ABRAPEC, 2003.

RADÉ, T. da S. **O conceito de força na física – evolução histórica e perfil conceitual**. 2005 .Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2005.

RADFORD, J.; BIRD-STEWART, J. Teaching genetics in schools. **Journal of Biological Education**, v. 16, n. 3, p. 177-180, 1982.

RADL, E. M. **História de las teorías biológicas: desde Lamarck y Cuvier**. Madri: Alianza Universidad, 1988.

REIS, V. P. G. S.; EL-HANI, C. N.; SEPULVEDA, C. Aplicação e teste de uma sequência didática sobre evolução no ensino médio de biologia. In: JÓFILI, Z.; ALMEIDA, A. V. (Org.). **Ensino de Biologia, Meio Ambiente e Cidadania: Olhares que se Cruzam**. 2. ed. Recife-PE: UFRPE, 2010.

RESSEL, L. B. et al. O uso do grupo focal em pesquisa qualitativa. **Texto Contexto Enferm**, v. 17, n. 4, p. 779-786, 2008.

RIBEIRO, J. A. Elaborando um perfil conceitual de equação: desdobramentos para o ensino e a aprendizagem de matemática. **Ciência & Educação**, v. 19, n. 1, p. 55-71, 2013.

RICHARDS, M. P. M.; PONDER, M. Lay understanding of genetics: a test of a hypothesis. **Journal of Medical Genetics**, v. 33, n. 12, p. 1032-1036, 1996.

RODRIGUES, A. M.; MATTOS, C. R. Reflexões sobre a noção de significado em contexto. **Indivisa** – Boletín de Estudos e Investigación, Monografia VIII: V Encuentro Internacional sobre Aprendizaje Significativo. Madri: Centro Universitario La Salle, p. 323-331, 2007.

RODRÍGUEZ, B. A. La didáctica de la genética: revisión bibliográfica. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 13, p. 397-385, 1995.

SANTOS, S. **Para geneticistas e educadores: o conhecimento cotidiano sobre herança biológica**. São Paulo: Anablume, 2005.

SANTOS, S.; BIZZO, N. From new genetics to everyday knowledge: Ideas about how genetics diseases are transmitted in two larger brazilian families. **Science Education**, v. 89, n. 4, p. 564-576, 2005.

SANTOS, V. C. dos. **Genes, informação e semiose do conhecimento de referência ao ensino de biologia**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2008.

SANTOS, V. C.; EL-HANI, C. N. Ideias sobre genes em livros didáticos de biologia do ensino médio publicados no Brasil. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 9, n. 1, 2009. Disponível em: <<http://www.fae.ufmg.br/abrapec/revistas/V9N1/v9n1a6.pdf>>._Acesso em: 14 jun. 2015.

SAPP, J. **Beyond the Gene: Cytoplasmic Inheritance and the Struggle for Authority in Genetics**. New York: Ed. Oxford University Press, 1987.

SARDINHA, R.; FONSECA, M.; GOLDBACH, T. O que dizem os trabalhos dos anais dos encontros nacionais de pesquisa em ensino de ciências sobre ensino de genética. In: VII ENPEC ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2009,. **Atas...** Florianópolis, SC: ABRAPEC, 2009.

SCHNEIDER, E. M. et al. Conceitos de gene: construção histórico-epistemológica e percepções de professores do ensino superior. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 2, p. 201-222, 2011.

SEPULVEDA, C. A. S. **A relação entre religião e ciência na trajetória profissional de alunos protestantes da licenciatura em ciências biológicas**. 2003. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2003.

SEPULVEDA, C. A. S. **Perfil conceitual de adaptação**: uma ferramenta para análise de discurso de salas de aula de biologia em contextos de ensino de evolução. 2010. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.

SEPULVEDA, C. A. S. **Uso heurístico de um perfil conceitual de adaptação no planejamento de ensino de evolução: aproximando a pesquisa em perfis conceituais da sala de aula por meio da Abordagem da pesquisa de desenvolvimento**. 2017. Trabalho científico apresentado para promoção na Carreira de Magistério Superior da classe Professor Adjunto para a de Professor Titular – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2017.

SEPULVEDA, C.A.S.; EL-HANI, C. N. Obstáculos epistemológicos e sementes conceituais para a aprendizagem sobre adaptação: uma interpretação epistemológica e sociocultural dos desafios no ensino de evolução. **Acta Scientiae**, v. 16, n. 2, p. 237-263, 2014.

SEPULVEDA, C.; MORTIMER, E. F.; EL-HANI, C. N. Construção de um perfil conceitual de adaptação: implicações metodológicas para o programa de pesquisa sobre perfis conceituais e o ensino de evolução. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 18, n.2, p. 439-479, 2013.

_____. Construção de um perfil para o conceito de adaptação evolutiva. In: VI ENPEC ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 2007. **Atas...**, Florianópolis: ABRAPEC. 2007.

SEPULVEDA, C; REIS. V.P.G.S.; EL-HANI, C.N. Análise de uma sequência didática para o ensino de evolução sob uma perspectiva sócio-histórica. In: VI ENPEC ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS. 2009. **Atas...** Belo Horizonte, MG: ABRAPEC. 2009.

SIMÕES NETO J. E.; AMARAL, E. M. R do. A Produção Brasileira Sobre a Noção de Perfil Conceitual – Analisando Tendências. In: IX ENPEC ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS. 2013. **Atas...** Águas de Lindóia, SP: ABRAPEC, 2013.

SILVA, J. R. R. da; AMARAL, E. M. R. do. Proposta de um Perfil Conceitual para Substância. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 3, p. 53-72, 2013.

SILVA. F. A.R.; MORTIMER, E.F.; COUTINHO. F.A.; Investigating the Evolution of Conceptual Profiles of Life Among University Students of Biology and Pharmacy: The Use of Statistical Tools to Analyze Questionnaire Answers. In: MORTIMER, E.; ELHANI, C.N. (Eds.) **Conceptual Profiles: A theory of teaching and learning Scientific Concepts**. Series: Contemporary Trends and Issues in Science Education. Dordrecht: Springer. 2014. Pp.143-162.

SILVEIRA, R. V. M. da; AMABIS, J. M. Como os estudantes do ensino médio relacionam os conceitos de localização e organização do material genético? In:

IV ENPEC ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2003, **Atas...** Bauru, SP: ABRAPEC, 2003.

SILVÉRIO, L. E. R.; MAESTRELI, S. R. P. O conceito de gene como obstáculo pedagógico: repercussões no ensino e aprendizagem de genética escolar. In: V ENCONTRO REGIONAL SUL DE ENSINO DE BIOLOGIA (EREBIO-SUL); IV SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO E CARIBENHO DE EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS DO INTERNATIONAL COUNCIL OF ASSOCIATIONS FOR SCIENCE EDUCATION (ICASE), 201. **Anais**: Londrina, PR, 2011.

SIMÕES NETO, J. E. et al. Emergência das zonas do perfil conceitual de calor em uma sequência didática. **Enseñanza de las Ciencias**, v. extra, p. 3348-3353, 2013.

SOLOMON, G. E. A. et al. Like father, like son: Young children's understanding of how and why offspring resemble their parents. **Child Development**, v. 67, 151-171, 1996.

SOLOMON, G. E.; JOHNSON, S. C. Conceptual change in the classroom: Teaching young children to understand biological inheritance. **British Journal of Developmental Psychology**, v. 18, p. 81-96, 2000.

STEBBINS, G. L. **Processos de Evolução Orgânica**. São Paulo: Polígono e Edusp, 1970. 255 p.

STEWART, J. Student problem solving in high school Genetics. **Science Education**, v. 67, p. 523-540, 1983.

STOTZ, K., GRIFFITHS, P. E.; KNIGHT, R. How biologists conceptualize genes: na empirical study. **Studies in the History and Philosophy of Biological & Biomedical Sciences**, v. 35, p. 647-673, 2004.

THOMPSON, N.; STEWART, J. Secondary school genetics instruction: making problem solving explicit and meaningful. **Journal of Biological Education**, v. 19, n. 1, p. 53-62, 1985.

TRINDADE, Z.A. **As representações sociais da paternidade e da maternidade: implicações no processo de aconselhamento genético**. 1991. Tese (Doutorado em Psicologia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

TULVISTE, P. **The cultural-historical development of verbal thinking** (M. J. C. Hall, Trans.). New York, NY: Nova Science. 1991.

TURNEY, K. The public understanding of genetics – where next? **European Journal of Genetics Society** v. 19, n. 1, p. 5-20, 1995.

VAN DEN AKKER, J. et al (Ed.). **Design methodology and developmental research in education and training**. Norwell: Kluwer Academic Publishers. 1999.

Van den Akker, et al. (Eds). **Educational design research**. London: Routledge, pp.151-158. 2006.

VENVILLE, G. Young Children Learning about Living Things: A Case Study of Conceptual Change from Ontological and Social Perspectives. **Journal of research in science teaching**, v. 41, n. 5, p. 449-480, 2004.

VENVILLE, G.; SUSAN, J.; GRIBBLE, DONOVAN, J. An Exploration of Young Children's Understandings of Genetics Concepts from Ontological and Epistemological Perspectives. **Science Education**, v. 83, n. 4, p. 614-633, 2005.

VENVILLE, G.; TREAGUST, D. F. Exploring conceptual change in genetics using a multidimensional interpretive framework. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 35, n. 1 p. 031-1055, 1998.

_____. Teaching about the gene in the genetic information age. **Australian Science Teachers' Journal**, v. 48, n. 2, p. 20-24, 2002.

VORZIMMER, P. Charles Darwin and Blending Inheritance. **Isis**, v. 54, n. 3, p. 371-390, 1963.

WERTSCH, J. V. **Voices of the mind**: A sociocultural approach to mediated action. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1991.

_____. **Vygotsky and the social formation of mind**. Cambridge: Harvard University Press, 1985.

WERTSCH, J. V.; STONE, C. A. The concept of internalization in Vygotsky's account of the genesis of higher mental functions. In: J WERTSCH, J. V. (Ed.). **Culture, communication and cognition: Vygotskian perspectives**. Cambridge: Cambridge University Press, 1985. p. 162-179.

WOOD-ROBINSON, C. Young people's ideas about inheritance and evolution. **Studies in Science Education**, v. 24, p. 29-47, 1994.

APÊNDICES

APÊNDICE A**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO
PARA ESTUDANTES DO ENSINO MEDIO**

Você está sendo convidado (a) a participar de uma pesquisa intitulada "*Construção de um perfil para o conceito de herança como proposta de ferramenta de análise de discurso de salas de aula de biologia*", que tem como objetivo mapear a diversidade de ideias e contextos sobre herança para a construção do seu perfil conceitual, bem como compreender como as interações verbais entre professor e aluno e entre aluno-aluno estão envolvidos na aprendizagem de novos conceitos nas aulas de genética. Serão analisados, particularmente, os momentos em que professora e alunos interagem na aprendizagem de novos conceitos e aqueles em os alunos discutem entre si os conteúdos estudados. Pretende-se identificar em que momentos os alunos amadurecem novas concepções acerca dos conceitos estudados. A sua participação se dará da seguinte forma: serão feitas gravações de vídeo e áudio da sua turma, de algumas aulas de biologia, sob o comando do professor responsável, quando o assunto genética estiver sendo abordado. Vocês não serão obrigados a fazer qualquer atividade que extrapole suas tarefas escolares comuns. Usaremos os dados das atividades da disciplina, solicitados pelo professor, como dados de pesquisa. Você também poderá ser convidado para uma entrevista com perguntas sobre o tema herança. Caso aceite, a entrevista será gravada em vídeo e áudio. Embora esta pesquisa não ofereça riscos físicos, as pessoas envolvidas poderão se sentir incomodadas com a mudança na rotina da sala de aula, ou ainda ter medo de serem avaliados ou criticados. A sua participação na pesquisa poderá trazer riscos emocionais, psicológicos em função dos procedimentos adotados durante a coleta de dados, já que tratará do tema herança, que pode envolver não apenas você, mas seus familiares. Buscando reduzir tais riscos, os encontros serão negociados antecipadamente visando respeitar a disponibilidade dos alunos e a rotina da escola. Destaco que os dados não serão utilizados para avaliação de condutas dos alunos, e em nenhum momento haverá divulgação das imagens, somente o conteúdo do que for dito será analisado e para evitar a exposição de seu nome, os depoimentos serão identificados por números aleatórios. A participação do aluno é totalmente voluntária, o qual poderá recusar-se a participar, ou mesmo desistir a qualquer momento sem que isto acarrete qualquer custo ou prejuízo à sua pessoa, ou sobre sua avaliação escolar. Informo que os pesquisadores não estão sendo remunerados e que os alunos também não receberão nenhum benefício financeiro direto ou terão despesas. Dentre os benefícios, destaca-se que os resultados da pesquisa poderão contribuir para provocar reflexões e avaliações sobre o ensino de genética nas escolas de Ensino Médio. Os alunos menores de 18 anos, mesmo aceitando, só poderão participar se seus pais ou responsáveis permitirem com a assinatura deste termo. A divulgação dos resultados da pesquisa para comunidade acadêmica será apresentada em eventos científicos, publicações e no relatório de tese, e para os participantes da comunidade escolar serão apresentados em seminário no final da pesquisa. Os dados da pesquisa ficarão arquivados no Núcleo de Estudos Integrados em Genética e Evolução (LOCUS) por um período de 5 anos, sob responsabilidade dos pesquisadores e após esse período serão destruídos. Caso concorde em participar voluntariamente, se sinta devidamente esclarecido e esteja de acordo com esta pesquisa, pedimos que informe o seu consentimento assinando esse documento que apresenta duas vias sendo que uma via permanecerá de posse dos pesquisadores e outra com o/a participante.

Responsável pela Pesquisa

Vanessa Perpétua Garcia Santana Reis

UEFS- Av. Transnordestina, S/N. Bairro Novo Horizonte

DCBIO, LOCUS, sala MT16 (75) 3161-8182. Feira de Santana-BA

Participante da Pesquisa / ou responsável

APÊNDICE B**TERMO DE ASSENTIMENTO**

Você está sendo convidado (a) a participar da pesquisa "*Construção de um perfil para o conceito de herança como proposta de ferramenta de análise de discurso de salas de aula de biologia*", que tem como objetivo entender as diferentes ideias sobre herança para construir o seu perfil conceitual, ou seja, a noção de que um conceito científico pode ter uma diversidade de significados. A sua participação se dará da seguinte forma: serão feitas gravações de vídeo e áudio da sua turma, de algumas aulas de biologia, sob o comando do professor responsável, quando o assunto genética estiver sendo abordado. Vocês não serão obrigados a fazer qualquer atividade que extrapole suas tarefas escolares comuns. Você também poderá ser convidado para uma entrevista onde irá responder algumas perguntas sobre o tema herança, que poderá ser gravada em vídeo e áudio. Para participar desta pesquisa, o responsável por você deverá autorizar e assinar um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Você será esclarecido (a) em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se. O responsável por você poderá retirar o consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e todas as informações serão usadas apenas nesta pesquisa e tratadas com o mais absoluto sigilo, confidencialidade e anonimato e ficarão arquivados no Núcleo de Estudos Integrados em Genética e Evolução (LOCUS) da UEFS, sob minha responsabilidade e após cinco anos serão destruídos. Não serão utilizados para avaliação de condutas dos alunos. Você não terá nenhum benefício direto, mas sua participação poderá contribuir para a sua atividade como futuro profissional e poderá contribuir para a melhoria do ensino de genética. Não existirão despesas ou compensações pessoais em qualquer fase do estudo. Sua participação na pesquisa poderá trazer riscos (emocionais, psicológicos) em função dos procedimentos adotados durante a coleta de dados, já que tratará do tema herança, que pode envolver não apenas você, mas seus familiares, em momentos que faça você refletir sobre esta temática. Este termo de assentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma cópia será arquivada pelo pesquisador responsável, e a outra será fornecida a você.

Responsável pela Pesquisa

Vanessa Perpétua Garcia Santana Reis

UEFS- Av. Transnordestina, S/N. Bairro Novo Horizonte

DCBIO, LOCUS, sala MT16 (75) 3161-8182. Feira de Santana-BA

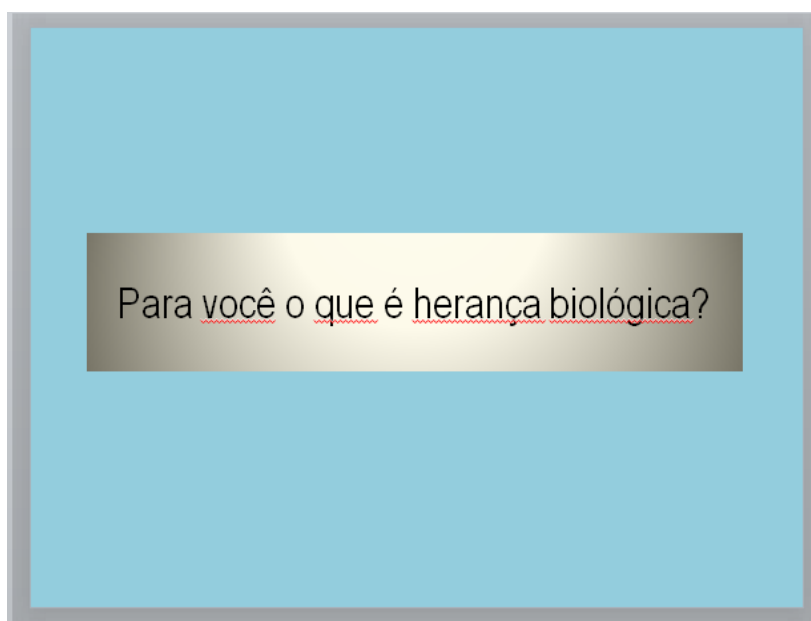
Participante da Pesquisa / ou responsável

APÊNDICE C

PROTOCOLO DE ENTREVISTA APLICADA A ALUNOS DO ENSINO MÉDIO

Apresentação

Inicialmente agradeço pela concessão da entrevista. Como já havia conversado com você, estou realizando uma pesquisa sobre as ideias que os alunos do Ensino Médio apresentam sobre herança biológica. Para tanto, preciso realizar entrevistas com vocês. Como já havia comunicado, tudo que for dito nesta entrevista será confidencial. Caso em algum momento você sinta necessidade de interromper a entrevista, fique à vontade para fazê-lo. [Quando for o caso de alunos da pesquisadora: “Quero lembrar também que esta entrevista não é nenhuma forma de avaliação, não tem nenhuma relação com avaliação da disciplina Biologia”]. Vamos apenas conversar um pouco sobre suas ideias a respeito do fenômeno da herança biológica. O motivo é que queremos entender melhor a forma como você pensa, quais são suas ideias, sobre esse fenômeno, para que possamos pensar qual a melhor forma de abordar estes assuntos nas aulas de Biologia. Farei filmagem dessa entrevista, porque será difícil para mim ao mesmo tempo prestar atenção no que você está dizendo e fazer anotações, mas caso você se sinta desconfortável com a gravação, podemos interrompê-la. Eu irei apresentar alguns cenários que envolvem o fenômeno da herança, bem como mostrar para vocês algumas frases ou expressões populares para que vocês pensem sobre elas e farei perguntas referentes a estes cenários e expressões, para que possamos conversar um pouco sobre elas. Os cenários, questões e expressões serão projetados em uma apresentação no formato de slides no computador. Segue abaixo o roteiro:



Vou apresentar agora algumas expressões populares e gostaria que vocês informassem se **CONCORDAM** OU **DISCORDAM** e comentassem sobre elas

1. Tal pai, tal filho.

2. As características estão no sangue

3. O pai é mais importante que a mãe para determinação das características do indivíduo.

4. Desejos e sentimentos da mãe, assim como certas práticas, podem acarretar marcas na prole.

5. Eu tenho mais características do meu pai.

6. Crianças podem nascer com alguma deficiência por causa de castigo de Deus

7. Meu filho tem olhos azuis e os meus olhos e de minha mulher são castanhos. Estou desconfiado que minha mulher pulou a cerca.

8. Eu tenho mais características da minha mãe.

9. A causa de doenças hereditárias está no sangue

10. Sangue igual causa deficiência

11. Pai e mãe contribuem igualmente para as características dos filhos.

12. A herança se dá pela mistura de sangue paterno e materno

13. Os filhotes de um casal de animais, em que a mãe tem pelo branco e o pai pelo preto, seriam todos de pelo cinza.

Vou apresentar alguns cenários sobre o tema herança biológica para que vocês respondam algumas perguntas sobre estes cenários.

CENÁRIO 1. Uma menina chamada Odara que nasceu em Fiji, um país composto de ilhas, localizado, no Sul do Oceano Pacífico, na Ilha de Ovalau, perdeu seus pais quando ela tinha 6 meses de idade e então foi adotada por pais australianos. A seguir estão imagens da família da menina e da família que a adotou. A menina Odara não aparece nas imagens.

Alguns membros da família de Odara



Fonte: <http://uk.prweb.com/releases/2013/3/prweb10391906.htm>

Família de adotou Odara



Fonte: <http://www.gladstone.qld.gov.au/australia-day-family-fun-day>

a) Você acha que a menina parece com seus pais Fiji ou com seus pais australianos que a adotaram? Por que?

b) Você acha que a menina prefere comida fijiana ou australianas? Por que?

c) Você acha que ela vai falar a língua Fiji, ou você acha que ela vai falar a língua inglês australiano? Por que?

d) E sobre roupas, você acha que ela usaria essas roupas estilo fiji ou roupas com estilo australianos? Por que você acha isso??

CENÁRIO 2 – João é proprietário de um grande canil em Juiz de Fora, MG, que é muito freqüentado, principalmente nos finais de semana. Um dos cães mais procurados no canil é o Labrador, cor chocolate. No canil vive Dora, uma adorável fêmea cor chocolate, que mais uma vez estava prenhe. E como a procura por este animal é grande, João informou aos seus clientes que Dora em breve teria seus filhotes.

Assim que ele começou a divulgar a notícia, as pessoas ficaram ansiosas e aguardando pelos cães de cor chocolate. Só que para a surpresa de João e dos que aguardavam, a prole de Dora saiu como mostra a imagem a seguir.



Fonte: http://mg.quebarato.com.br/juiz-de-fora/vendo-filhotes-de-labrador-chocolate__25A806.html

a) O que aconteceu com a ninhada da cadela Dora?

b) Por que vocês acham que os filhotes da cadela Dora não são todos de cor chocolate?

c) Como podemos explicar isso? Como explicar esta variação na coloração desta ninhada da cadela Dora?

CENÁRIO 3. Uma família no Rio Grande do Norte, no Município de Serrinha dos Pintos, se caracteriza por alta frequência de **casamentos consangüíneos**, ou seja, entre parentes próximos, e apresenta muitos indivíduos afetados pela Síndrome de SPOAN.

Esta doença causa a perda progressiva dos movimentos dos membros, levando precocemente os indivíduos acometidos à cadeira de rodas. Os membros dessa família dizem que todos os casos da síndrome são “problema de família”.

Informam que uma hipotética **sífilis** hereditária que teria afetado, há cerca de 150 anos, um antepassado comum, “o velho Maximiniano”, se espalhou pelo sangue de seus descendentes.

a) O que você acha da explicação dada pelos membros da família sobre a causa desta doença?

b) Você explicaria a causa desta doença na família acima descrita de outra maneira? Qual?

c) Vocês acreditam que esses casos da doença teriam relação por exemplo, com os casamentos entre primos?

Vejam as imagens a seguir



**Elas são chamadas
MULHERES-GIRAFA**



"Mulheres-girafa" é o apelido que se dá às mulheres de uma região da Tailândia, que usam uma espiral (anéis) de cobre em volta do pescoço. Esse costume faz o pescoço delas parecer incrivelmente longo, como se fosse um pescoço de girafa.

Elas pertencem à tribo dos Karen Padaung, vivem em Mianmá (antiga Birmânia), país situado entre a China e a Tailândia. As *mulheres-girafa* recebem tal nome não só pelo tamanho do pescoço, mas também pelo andar imponente, provocado pelo peso dos colares

a) Você já viu imagens de mulheres como estas?

b) O que chama a sua atenção nestas fotos?

Elas também usam aros nos pulsos e tornozelos para que afinem. Incrivelmente, as mulheres-girafas usam mais de 10 quilos de aros no pescoço, e com o peso dos anéis e aros das outras partes do corpo pode chegar a 20 quilos

Os Padaung acham que a beleza da mulher é proporcional ao comprimento de seu pescoço. Se alguém pergunta o porquê do uso de tantos aros pelo corpo das mulheres, recebe a seguinte explicação: *"Uso todos estes aros, assim como minha mãe, minha avó e minha bisavó usavam, simplesmente para ficar mais bonita".*

a) Você acha que quando os filhotes crescerem se parecerão com gatos ou com cães? Por que você acha isso?

b) Os gatinhos irão miar como seus pais ou irão latir como a cadela que a adotou? Por que você acha isso?

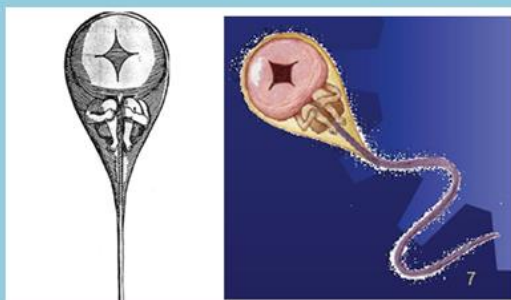
CENÁRIO 6. Um pesquisador cortou as cauda de camundongos e cruzou estes animais entre si. Quando os filhotes nasceram, o pesquisador cortou as caudas e novamente cruzou-os entre si. Continuou a experiência por 20 gerações e na 21ª geração os camundongos apresentavam caudas tão longas quanto as da primeira.

a) Você esperava este resultado?

a) Como você explica a manutenção da característica cauda longa ao longo de 21 gerações?

CENÁRIO 7

Observe a imagem abaixo



Você já viu esta imagem antes?

O que esta imagem representa para você?

No século XVII, com a invenção do microscópio, foi possível observar que o sêmen expelido pelos machos de vários animais, inclusive do homem, continha milhares de “criaturas” que nadavam freneticamente. Então, foram observados os espermatozoides.

A precariedade dos microscópios não permitia uma boa visualização de sua estrutura em detalhes. Os estudiosos da época elaboraram uma explicação sobre a formação do novo ser a partir do que pensavam enxergar no espermatozoide ampliado pelo microscópio.

Propuseram que os espermatozoides continham em seu interior um ser em miniatura, ao qual chamavam de homúnculo. E que este ser que já estaria pronto no sêmen, encontrava no ventre da mulher condições para se desenvolver.

Qual a sua opinião sobre essa explicação?

O que você acha que há no interior do espermatozoide?

O que faz o espermatozoide ser uma célula reprodutiva?

Vamos pensar e responder algumas
questões....

Porque você acha seu cabelo apresenta
essa cor e essa textura?

Pense sobre algumas de suas características
como:

Cor dos olhos
Cor dos cabelos
Textura dos cabelos
Tipo de sangue
Cor da pele

De onde vêm estas características?

Onde você acha que se encontra a informação hereditária para a cor dos pêlos dos gatos?

Onde você acha que se encontra a informação hereditária para a cor das penas das aves?

O que você entende por informação hereditária?

Onde encontramos a informação hereditária?

Que tipo de células têm informação hereditária?

Onde você acha que se encontra a informação hereditária para cor dos olhos nos seres humanos? Nos olhos, nos gametas, no coração?

Uma célula da pele levará informação sobre o seu tipo sanguíneo, ou o sexo, ou a cor do cabelo?

Que informação você acha que tem uma célula da pele?

FINALIZANDO...

O que você achou dessa entrevista? Gostou?

Algun cenário ou questão causou algum incômodo? Porque?

O que mais chamou a sua atenção na entrevista? Porque?

APÊNDICE D

QUESTIONÁRIO INVESTIGAÇÃO DO CONCEITO DE HERANÇA BIOLÓGICA

IDENTIFICAÇÃO

NOME (opcional) _____

IDADE _____ CURSO _____

SEMESTRE DE INGRESSO _____

VOCÊ CURSOU DISCIPLINAS DE GENÉTICA? () SIM () NÃO

Em caso positivo, quais disciplinas? _____

Descrição do instrumento e instruções gerais:

Você está sendo convidado a responder este questionário no qual inicialmente serão apresentadas algumas ideias cotidianas que se referem ao modo de pensar alguns fenômenos que envolvem herança biológica, sobre as quais gostaríamos que você fizesse comentários. Posteriormente serão apresentados alguns cenários que descrevem fenômenos que também se referem à herança biológica e partir destes cenários vocês serão solicitados a responder questões abertas, referente às explicações que você daria para estes mesmos cenários e a respeito de conceitos da biologia relacionados à interpretação de tais fenômenos. E por fim serão feitas algumas perguntas abertas.

PARTE I

1. O que você entende por herança biológica?

2. A seguir serão apresentadas algumas ideias relacionadas à herança biológica. Para cada uma delas, gostaria que você informasse se você concorda ou discorda e apresentasse as razões para sua concordância ou discordância.

a) As características hereditárias estão no sangue

() Concordo () Discordo

Justifique

b) O pai é mais importante que a mãe para determinação das características do indivíduo

() Concordo () Discordo

Justifique

c) Desejos e sentimentos da mulher grávida, assim como certas práticas, podem acarretar marcas nos seus filhos

() Concordo () Discordo

Justifique

d) A herança se dá pela mistura de sangue paterno e materno

() Concordo () Discordo

Justifique

e) Os filhotes de um casal de animais, em que a mãe tem pelo branco e o pai pelo preto, seriam todos de pelo cinza

() Concordo () Discordo

Justifique

PARTE II

CENÁRIO 1

Uma menina chamada Odara que nasceu em Fiji, um país composto de ilhas, localizado, no Sul do Oceano Pacífico, na Ilha de Ovalau, perdeu seus pais quando ela tinha 6 meses de idade e então foi adotada por pais australianos. A seguir estão imagens da família da menina e da família que a adotou. A menina Odara não aparece nas imagens.



Alguns membros da família de Odara



Família que adotou Odara

a) Você acha que a menina parece com seus pais Fiji ou com seus pais australianos que a adotaram? Porquê?

b) Você acha que a menina prefere comida fijiana ou australiana? Por quê?

c) Você acha que ela vai falar a língua Fiji, ou você acha que ela vai falar a língua inglês australiano? Por quê?

CENÁRIO 2

João é proprietário de um grande canil em Juiz de Fora, MG, que é muito frequentado, principalmente nos finais de semana. Um dos cães mais procurados no canil é o Labrador, cor chocolate. No canil vive Dora, uma adorável fêmea cor chocolate, que mais uma vez estava prenhe. E como a procura por este animal é grande, João informou aos seus clientes que Dora em breve teria seus filhotes. Assim que ele começou a divulgar a notícia, as pessoas ficaram ansiosas, aguardando pelos cães de cor chocolate. Só que para a surpresa de João e dos que aguardavam, a prole de Dora saiu como mostra a imagem a seguir.



Cadela Dora e sua ninhada

- a) O que aconteceu com a ninhada da cadela Dora?
- b) Por que vocês acham que os filhotes da cadela Dora não são todos de cor chocolate?
- c) Como podemos explicar isso? Como explicar esta variação na coloração desta ninhada da cadela Dora?

CENÁRIO 3

Uma família no Rio Grande do Norte, no Município de Serrinha dos Pintos, se caracteriza por alta frequência de **casamentos consanguíneos**, ou seja, entre parentes próximos, e apresenta muitos indivíduos afetados pela Síndrome de SPOAN. Esta doença causa a perda progressiva dos movimentos dos membros, levando precocemente os indivíduos acometidos à cadeira de rodas. Os membros dessa família dizem que todos os casos da síndrome são “problema de família”. Informam que uma hipotética **sífilis** hereditária (sabemos hoje que a sífilis é uma doença bacteriana) que teria afetado, há cerca de 150 anos, um antepassado comum, “o velho Maximiniano”, se espalhou pelo sangue de seus descendentes.

- a) O que você acha da explicação dada pelos membros da família sobre a causa da Síndrome de SPOAN?
- b) Você explicaria a causa da Síndrome de SPOAN na família acima descrita de outra maneira? Qual?
- c) Vocês acreditam que esses casos da Síndrome de SPOAN teriam relação, por exemplo, com os casamentos entre primos? Por quê?

CENÁRIO 4

Um pesquisador cortou a cauda de camundongos e cruzou estes animais entre si. Quando os filhotes nasceram, o pesquisador cortou as caudas e novamente cruzou-os entre si. Continuou a experiência por 20 gerações e na 21ª geração os camundongos apresentavam caudas tão longas quanto as da primeira geração.

- a) Você esperava este resultado?
- b) Como você explica a manutenção da característica cauda longa ao longo de 21 gerações?

PARTE III

RESPONDA AS QUESTÕES ABAIXO

Pense sobre algumas de suas características como: cor dos olhos, cor dos cabelos, textura dos cabelos, altura, tipo sanguíneo, cor da pele.

- a) De onde vêm estas características?
- b) O que você entende por informação hereditária?
- c) Onde podemos encontrar a informação hereditária?
- d) Como você acha que ocorre a transmissão das características hereditárias?

Um casal tem dois filhos do sexo masculino, de 14 e 16 anos de idade. O mais velho se parece muito com o pai e o mais jovem diz que se parece muito com a mãe. Qual destas alternativas você acha que apresenta melhor explicação para este fenômeno? Justifique sua escolha.

Assinale a alternativa com a causa que pode explicar isto.

- a) O filho mais velho tem mais informação hereditária do pai, as quais se expressam nos primeiros momentos do seu desenvolvimento.
- b) O filho mais jovem tem mais informação hereditária da mãe, as quais se expressam nos primeiros momentos do seu desenvolvimento.
- c) Os dois levam a mesma quantidade de informação hereditária do pai e da mãe e a diferença entre eles é determinada por diversos fatores
- d) O segundo filho se parece mais com a mãe porque este foi um desejo seu durante a gravidez
- e) Se o primeiro filho se parece mais com o pai, o segundo se parecerá mais com a mãe

Justifique

A informação genética que você recebe é igual ao que você transmitirá aos seus descendentes? Por quê?

Por que dois irmãos, filhos do mesmo pai e da mesma mãe não são idênticos?

Agradeço imensamente pela sua colaboração...

APÊNDICE E**ROTEIRO DO GRUPO FOCAL APLICADOS A ALUNOS DO ENSINO MÉDIO****HERANÇA BIOLÓGICA**

Para você o que é herança biológica?



COMENTEM A IMAGEM

Como vocês explicam o fenômeno da herança biológica?

Vou apresentar agora algumas ideias cotidianas sobre herança biológica e gostaria que vocês informassem se **CONCORDAM** ou **DISCORDAM** e justificasse sua escolha

1. Eu acho que herança tem relação com o sangue

2. As características estão no sangue

3. O pai é mais importante que a mãe para determinação das características do indivíduo.

4. Crianças podem nascer com alguma deficiência por causa de castigo de Deus

5. Desejos e sentimentos da mãe, assim como certas práticas, podem acarretar marcas na prole.

6. Meu filho tem olhos azuis e os meus olhos e de minha mulher são castanhos. Estou desconfiado que minha mulher pulou a cerca.

7. A herança se dá pela mistura de sangue paterno e materno

8. Se um casal tem sangue igual, os filhos podem nascer com algum problema, alguma deficiência

9. Eu tenho mais características da minha mãe.

10. A causa de doenças hereditárias está no sangue

11. A herança se dá pela mistura de sangue paterno e materno

12. Os filhotes de um casal de animais, em que a mãe tem pelo branco e o pai pelo preto, seriam todos de pelo cinza.

Vou apresentar alguns cenários sobre o tema herança biológica para que vocês pensem nestas situações e respondam algumas perguntas sobre estes cenários.

CENÁRIO 1. São dois irmãos, ambos com vinte anos. Um deles – vamos chamá-lo de **Kim** – era um típico jovem do sexo masculino. Quanto ao outro, **Bob**, não se pode dizer que fosse de forma alguma normal para a idade.

Bob parecia mais um pré-adolescente: músculos pouco desenvolvidos, nem um fio de barba e voz fina. A preocupação da mãe era compreensível e, logo após o 20º aniversário do filho, ela o convenceu a ir ao médico.

Quando **Bob** tirou a roupa, o médico imediatamente percebeu que algo estava faltando – a genitália. Um exame mais atento revelou que os órgãos genitais estavam ali, mas não eram nada do que se esperava em um jovem de vinte anos.

Pareciam atrofiados. Foi diagnosticada **Síndrome de Kallmann**, distúrbio do desenvolvimento sexual. O mistério é que Kim e Bob eram gêmeos idênticos, clones naturais, ou seja, apresentam o mesmo genoma.

O mistério dessa estória é que **Kim e Bob** eram gêmeos idênticos, clones naturais, ou seja, têm o mesmo genoma.

A síndrome de Kallmann se manifesta como uma estranha mistura de problemas.

Além do desenvolvimento sexual, o olfato também é afetado. Nas pessoas que têm esta doença, esse sentido é muito prejudicado; para algumas, ele nem sequer existe.

Embora apenas **Bob** tenha tido o desenvolvimento sexual prejudicado, os dois irmãos apresentavam a mesma deficiência olfativa; afinal, tanto um quanto outro sofria do mesmo distúrbio.

O que teria acontecido com Bob?

Por que você acha que não aconteceu o mesmo com Kim?

Por que o caso de Bob era tão mais grave?

O que, afinal, aconteceu com os gêmeos?

Como você explica isso?

A que você atribui esta diferença na vida dos gêmeos?

CENÁRIO 2 – João é proprietário de um grande canil em Juiz de Fora, MG, que é muito freqüentado, principalmente nos finais de semana. Um dos cães mais procurados no canil é o Labrador, cor chocolate. No canil vive Dora, uma adorável fêmea, que mais uma vez estava prenhe. E como a procura por este animal é grande, João informava que Dora em breve teria seus filhotes.

Assim ele começou a divulgar a notícia e as pessoas ansiosas aguardavam pelos cães de cor chocolate. Só que para a surpresa de João e dos que aguardavam, a prole de Dora desta vez saiu como mostra a imagem a seguir.



Fonte: http://img.quebarato.com.br/juiz-de-fora/vendo-filhotas-de-labrador-chocolate__25AB06.html

a) O que você acha aconteceu com a ninhada da cadela Dora?

b) Por que você acha que os filhotes da cadela Dora não são todos de cor chocolate?

c) Como podemos explicar isso? Como explicar esta variação na coloração desta ninhada da cadela Dora?

CENÁRIO 3. Uma família no Rio Grande do Norte, no Município de Serrinha dos Pintos, se caracteriza por alta frequência de casamentos consangüíneos, ou seja, entre parentes próximos, e apresenta muitos indivíduos afetados pela Síndrome de SPOAN.

Esta síndrome leva à perda progressiva dos movimentos dos membros, levando precocemente os indivíduos acometidos à cadeira de rodas. Os membros dessa família dizem que todos os casos da síndrome são “problema de família”.

Os familiares informam que uma hipotética **sífilis** hereditária (sabemos hoje que a sífilis é uma doença bacteriana) que teria afetado, há cerca de 150 anos, um antepassado comum, um membro antigo da família, “o velho Maximiniano”, se espalhou pelo sangue de seus descendentes.

a) O que você acha da explicação dada pelos membros da família sobre a causa desta doença?

b) Você explicaria a causa desta doença na família acima descrita de outra maneira? Qual?

c) Você acredita que esses casos da doença teriam relação por exemplo, com os casamentos entre primos?

CENÁRIO 4. Esta é Maria Eduarda



FONTE: http://www.albinoincoerente.com/2014_08_01_archive.html

Maria Eduarda mora em Taubaté, interior de São Paulo e este ano ela foi estudar em uma nova escola. No primeiro dia de aula, uma coleguinha olhou para ela e disse:

-Porque você tem essa cor? Porque seu cabelo é assim tão claro?

Ela respondeu:

- Eu sou albina e eu nasci assim porque minha mãe me contou que quando ela estava grávida, ela encontrou com um homem assim, branquinho, albino e ela riu para ele. Por isso eu nasci assim.

O que vocês acham da explicação de Maria Eduarda? Concordam ou discordam?

Porque Maria Eduarda é Albina?

O que explica ela ser albina?

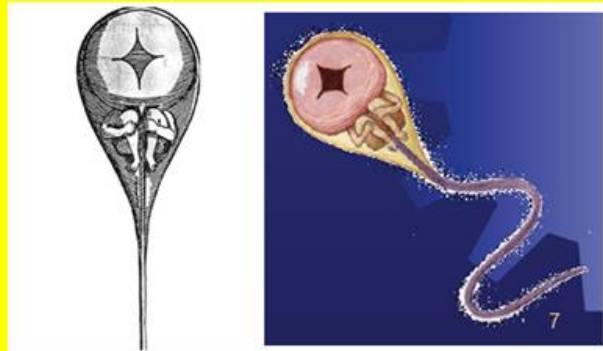
CENÁRIO 5. Um pesquisador cortou as cauda de camundongos e cruzou estes animais entre si. Quando os filhotes nasceram, o pesquisador cortou as caudas e novamente cruzou-os entre si. Continuou a experiência por 20 gerações e na 21ª geração os camundongos apresentavam caudas tão longas quanto as da primeira.

a) Você esperava este resultado?

a) Como você explica a manutenção da característica cauda longa ao longo de 21 gerações?

CENÁRIO 5

Observe a imagem abaixo



Você já viu esta imagem antes?

O que esta imagem representa para você?

No século XVII, com a invenção do microscópio, foi possível observar que o sêmen expelido pelos machos de vários animais, inclusive do homem, continha milhares de “criaturas” que nadavam freneticamente. Então, foram observados os espermatozoides.

Como os microscópios eram muito precários, não permitia uma boa visualização de sua estrutura em detalhes. Os estudiosos da época elaboraram uma explicação sobre a formação do novo ser a partir do que pensavam enxergar no espermatozoide ampliado pelo microscópio.

Para eles, os espermatozoides continham em seu interior um ser em miniatura, ao qual chamavam de homúnculo. Acreditavam ainda que o ventre da mulher tinha o papel de dar condições ao desenvolvimento deste ser, que já estava pronto no sêmen.

Qual a sua opinião sobre essa explicação?

Para você o que é um espermatozoide ?

O que você acha que há no interior do espermatozoide?

O que faz o espermatozoide ser uma célula reprodutiva?

Vamos pensar e responder algumas
questões....

**O que explica nós termos certas
características?**

O que explica os seres vivos da mesma espécie serem parecidos uns com os outros?

Porque moscas geram moscas, gatos geram gatos e cães geram cães?

Porque você acha seu cabelo apresenta essa cor e essa textura?

Pense sobre algumas de suas características como:

- Cor dos olhos
- Cor dos cabelos
- Textura dos cabelos
- Tipo de sangue
- Cor da pele

De onde vêm estas características?

O que determina que você tenha estas características?

O que você entende por informação hereditária?

Onde encontramos a informação hereditária?

Como você acha que ocorre a transmissão das características hereditárias? Como elas são passadas de pais para filhos?

Onde você acha que se encontra a informação hereditária para cor dos olhos nos seres humanos?

Uma célula da pele levará informação sobre o seu tipo sanguíneo, ou o sexo, ou a cor do cabelo?

Que informação você acha que tem uma célula da pele?

Onde você acha que se encontra a informação hereditária para a cor dos pêlos dos gatos?

Onde você acha que se encontra a informação hereditária para a cor das penas das aves?

Para você o que é herança biológica?

FINALIZANDO...

Algum cenário ou questão causou algum incômodo? Porque?

O que mais chamou a sua atenção? Porque?